

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

**освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних
та целюлозно-паперових виробництв**

**на тему: Розроблення екструдера для модернізації установки
виробництва полімерних гранул**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М.Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення екструдера для модернізації установки виробництва полімерних гранул

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Ковба Анастасія Миколаївна

(підпис)

Керівник дисертації канд. техн. наук, доцент М.П. Швед

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

(підпис)

технологія виготовлення деталі «корпус сальника»

канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ __ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Ковбі Анастасії Миколаївні

1. Тема проекту: Розроблення екструдера для модернізації установки виробництва полімерних гранул.

Керівник проекту кандидат технічних наук, доцент Швед М.П.

Затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р.

№3807-С

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність екструдера – 200 кг/год, температура в апараті – 463К, робочий тиск в апараті – 5 МПа, початкова температура суміші полімеру з барвником 303 К, насипна маса гранул 520 кг/м³

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина розглянути існуючі конструкції екструдерів, схем виробництва полімерних гранул, обґрунтувати вибір конструкції каскадного-

дисково-шестеренного екструдера; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення дискового екструдера, корпусу, головки дискової.

б) розробка стартап проектів: створити стартап проект модернізованого апарату;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією екструдера, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування установкою виробництва полімерних гранул; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення корпусу сальника, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А0, кресленик складальний дискового екструдера – А0, кресленик корпусу екструдера – А1, корпус сальника – А2, схема автоматичного керування – А1, пристрій для розсвердлювання отворів – А1, головка дискова – А1, технічна ідея патенту – А3, ілюстрація до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення корпусу сальника	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: екструдер дисковий – А0, корпус екструдера – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис екструдера. Технічна характеристика апарату.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок товщини стінок апарату.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	

1	2	3	4
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ А. М. Ковба

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ М. П. Швед

РЕФЕРАТ

УДК 678.5

Магістерська дисертація на тему «Розроблення екструдера для модернізації установки виробництва полімерних гранул» / КПП ім. Ігоря Сікорського; Керівник М.П. Швед – К., 2019. – 198 с. Виконала –А.М. Ковба –
Бібліогр.: с. 133.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 35 найменувань. Загальний обсяг записки становить 198 сторінок, з них 133 сторінок основного тексту, 47 рисунків, 50 таблиць.

Мета магістерської дисертації – проектування каскадного дисково-шестеренного екструдера для установки виробництва полімерних гранул.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу апарату, їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції апаратів з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та розроблено стартап проект.

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій випарного апарату та сепаратора. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керуванням процесом.

ЕКСТРУДЕР, ЗМІШУВАННЯ, ПЛАСТМАСА, ДИСК, ШЕСТЕРЕННИЙ НАСОС, ЛЕГУЮЧА ДОБАВКА.

РЕФЕРАТ

УДК 678.5

Магистерская диссертация на тему «Разработка экструдера для модернизации установки производства полимерных гранул» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель М.П. Швед - М., 2019. - 198 с. Выполнила -А.М. Ковба - Библиогр .: с. 133.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 35 наименований. Общий объем записки составляет 198 страниц, из них 133 страниц основного текста, 47 рисунков, 50 таблиц.

Цель магистерской диссертации - проектирование каскадного дисково-шестеренного экструдера для установки производства полимерных гранул.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа аппарата, их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов . Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработано стартап проект.

Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций испарительного аппарата и сепаратора. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработан автоматическую схему управлением процессом.

ЭКСТРУДЕР, СМЕШЕНИЕ, ПЛАСТМАССА, ДИСК, ШЕСТЕРЕННЫЙ НАСОС, ЛЕГИРУЮЩАЯ ДОБАВКА.

ABSTRACT

UDC 678.5

The Master's thesis on the topic "Development of an extruder for the modernization of the installation of production of polymer granules" / Igor Sikorsky KPI; The thesis supervisor - M.P. Swed - K., 2019. - 198 p. The developer - A.M. Kovba - Bibliogr .: s. 133.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of links of 35 titles. The total volume of the note is 198 pages, including 133 pages of the main text, 47 figures, 50 tables.

The purpose of the master's thesis is to design a cascade disk-gear extruder for the installation of production of polymer granules.

The note contains a description of the technological process, the choice of the type of apparatus, their place in the technological scheme, the technical characteristics of the devices, the justification of the choice of designs of the designed devices and the principle of operation of their basic assembly units and parts, comparison of the main indicators of the developed design of the devices with analogues, patent study of the designs of the devices . Measures on safety, installation and operation recommendations are given. The installation was modernized and a startup project was developed.

The calculations confirming the efficiency and reliability of the designs of the evaporator and the separator were carried out. The level of standardization and unification is determined. An automatic process control scheme has been developed.

EXTRUDER, MIXING, PLASTIC, DISC, GEAR PUMP, ALLOY ADDITIVE.

ЗМІСТ

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КАСКАДНОГО ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННОГО ЕКСТРУДЕРА.....	15
1.1 Опис технологічного процесу.....	15
1.2 Вибір типу апарата, його місце в технологічній схемі.....	17
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	20
3. ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО ДИСКОВОГО ЕКСТРУДЕРА	21
3.1 Конструкція і принцип дії каскадного дисково-шестеренного екструдера, основних складальних одиниць та деталей	21
4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ ТА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ.....	30
4.1 Параметричний розрахунок дискового екструдера.....	40
4.2 Розрахунок процесу охолодження стренги	49
4.3 Розрахунок формуючої головки	51
4.4 Розрахунок диска на міцність	54
4.5 Розрахунок корпусу на міцність	57
4.6 Розрахунок гільзи на міцність	58
4.7 Розрахунок упорного підшипника та підшипника кочення	60
4.8 Розрахунок шпонкового з'єднання	63
4.9 Розрахунок клинопасової передачі	64
4.10 Розрахунок фланцевого з'єднання	67
5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70

					ЛН81мп.703123.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення екструдера для модернізації установки виробництва полімерних гранул	Літ.	Арк.	Архувів
Розроб.		Ковба						
Перевір.		Швед					10	
Реценз.						КПІ ім. І. Сікорського		
Н. Контр.		Степанюк						
Затверд.								

6. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ	80
6.1 Підготовка до монтажу	80
6.2 Монтаж	80
6.3 Запуск в експлуатацію	81
7. РІВЕНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ	83
8. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП - ПРОЕКТУ КАСКАДНОГО ДИСКОВО- ШЕСТЕРЕННОГО ЕКСТРУДЕРА.....	84
8.1. Опис ідеї проекту	84
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту	87
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	89
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	100
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	104
8.6. Висновки	110

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

f – площа перетину площиною, перпендикулярною до осі, м^2 ;

V_0 – осьова складова колової швидкості, м/с ;

ρ_n – насипна густина гранул полімеру, кг/м^3 ;

S – крок нарізки, м ;

D – діаметр диска, м ;

H – глибина каналу диска, м ;

N – потужність, Вт ;

G – продуктивність, кг/с ;

P – тиск, Па ;

T – температура, К ;

ρ – густина розплаву, кг/м^3 ;

ω – швидкість, м/с ;

μ – динамічна в'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

U – передаточне число;

m – модуль зачеплення, мм ;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В сучасному світі виготовлення полімерних матеріалів набуває високих обертів, оскільки полімери, особливо в складі композиційних матеріалів, в порівнянні з металами мають майже такі самі, іноді навіть кращі характеристики, але значно знижують вагу і вартість виробу. Це є причиною актуальності і стрімкого поширення виробництва полімерів, що діє в напрямку створення нових і модернізації вже діючих технологій та апаратів, що дають змогу розвивати номенклатуру сировини, яка переробляється і виробів, які отримані, як результат переробки.

Якщо проаналізувати характеристики полімерних матеріалів, які поширені в промисловому і господарському використанні, то можна підвести висновок, що головний метод переробки полімерів - це термомеханічний, а один з головних способів переробки – екструзія. Екструзія – це безперервний процес плавлення твердої речовини з подальшим продавлюванням розплаву через формуючий інструмент. До сьогодні найкращим екструзійним обладнанням вважаються одночерв'ячні екструдери.

Значні обсяги виробництва та переробки полімерних матеріалів вимагають від виробників відповідного обладнання з використанням ресурсоенергозберігаючих технологій. При цьому значне місце приділяється процесам екструзії, які в основному базуються на черв'ячних екструдерах, де процес створення тиску та дозування виконується вязкісним черв'ячним насосом.

Традиційні способи переробки полімерів із застосуванням одночерв'ячного екструдера мають значну інерційність в керуванні процесом екструзії, але, завдяки своїй простоті і надійності, і досі широко застосовуються в великотонажних виробництвах.

Однак в сучасних умовах у зв'язку з появою нових полімерів, а також все ширшому використанні композиційних матеріалів з наповнювачами, барвниками, легуючими добавками, які суттєво змінюють реологічні характеристики сировини і, відповідно, режими переробки, постає не-

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

обхідність у створенні універсальних, гнучких в керуванні каскадних схем екструзії полімерів, в яких весь процес екструзії розділений на окремі каскади (стадії) з можливістю автономного керування ними. Це дозволяє оперативно встановлювати раціональні режими роботи окремих операцій при якісному веденні всього технологічного процесу.

Каскад екструдерів - це, як правило, система з декількох екструдерів. Варто уточнити, що основна характеристика екструдера - його змішуюча здатність. Тому на першій стадії встановлюється екструдер, а на другій – шестеренний насос з метою забезпечення стабілізації тиску на розплавлений матеріал, що спричинений нерівномірністю процесів при живленні і плавленні. Така конструкція за рахунок своєї високої змішуючої здатності дозволяє виготовляти якісні полімерні гранули, незважаючи на те, що співвідношення легуючих добавок до полімеру тільки 2%.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Призначення та область використання каскадного дисково-шестеренного екструдера

1.1 Опис технологічного процесу

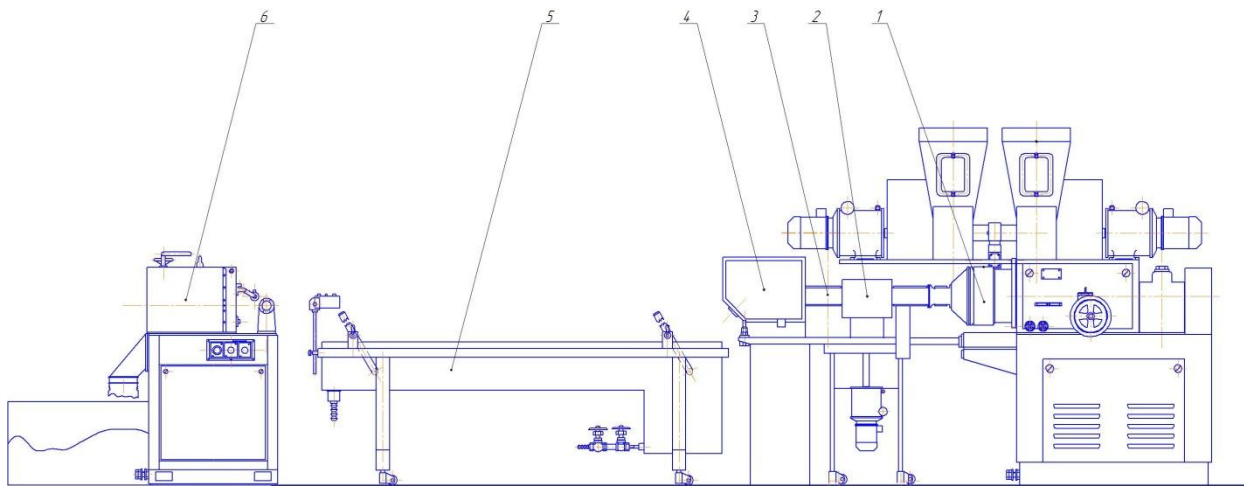
Сьогодні більша частина продукції, що скрізь навколо нас, зроблені з пластмас, тобто із полімерів насичених легуючими добавками. Ці добавки є незамінними в полімерній галузі, оскільки вони наділяють полімер найрізноманітнішими властивостями. Наприклад: прозорість, гнучкість, забарвлення, пластичність та інші.

Полімерна композиція - це суміш із чистого полімеру і легуючих добавок, які подаються в завантажувальну горловину дискового екструдера. Легуюча добавка додається до полімеру, коли композиція знаходиться в нерозплавленому стані, при цьому потрібно забезпечити достатнє ефективне перемішування композиції, як на стадії живлення, так і на стадії гомогенізації, щоб добавка була розподілена в масі однаково насичено. Нерівномірність розподілення добавки в композиції - це найбільша проблема процесів екструзії.

Найбільш поширена екструзійна схема гранулювання, яка має у своєму складі каскадний дисково-шестеренний екструдер, статичний змішувач, формуючу головку, ванну охолодження, обдуваючий пристрій і гранулятор. В екструдері здійснюється плавлення композиції, гомогенізація і генерація попереднього тиску, який необхідний для забезпечення заповнення шестеренного насосу, який дозує та створює необхідний тиск для продавлювання розплаву через формуючу головку.

Типова технологічна схема процесу виробництва полімерних гранул на базі каскадного дисково-шестеренного екструдера зображена на рисунку 1.1 [1]

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 - дисковий екструдер; 2 - шестеренний насос; 3 – статичний змішувач; 4- формуюча головка; 5- ванна охолодження;
7- гранулятор.

Рисунок 1.1 – Схема лінії для отримання полімерних гранул

Для даної лінії вихідними матеріалами є термопласт і легуючі добавки, які дозовано подаються живильниками у загрузочне вікно дискового екструдера 1.

В екструдері полімерна композиція плавиться, вимішується і одночасно у вигляді гомогенного розплаву переміщується по ходу переробки матеріалу вздовж корпусу. При подальшому просуванні розплаву на нього створюється додатковий тиск в шестеренному насосі 2, після чого розплав додатково переміщується в статичному змішувачі 3 і подається до формування в стренгову головку 4, яка забезпечує розподіл суміші розплаву з наповнювачами між окремими формуючими отворами фільтрної плити і видачу його у вигляді циліндричних стренг.

Стренги, сформовані в формуючій головці 4, транспортуються за допомогою тягнучих і направляючих валків під водою вздовж ванни охолодження 5, охолоджуються і твердіють, обдуваються повітрям з обдувочного пристрою, звільняються від поверхневої вологи, і потрапляють у гранулятор.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

У стренговому грануляторі, який обладнаний тягнучими валками, відбувається транспортування стренг і різання їх на гранули. Готовий продукт подається в бункер, а потім потрапляє на упаковку. Подальше транспортування гранул відбувається засобами замовника.

1.2 Вибір типу апарата, його місце в технологічній схемі

Екструдери мають широке застосування для підготовки розплаву полімеру в екструзійних лініях, ливарних машинах, при розсувному формуванні та в інших випадках. Найбільш універсальними і зручними в обслуговуванні при виробництві пластмас є каскадні екструдери. Завдяки відносній складності конструкції з'являється змога безперервного керування процесом з підтримкою сталої продуктивності.

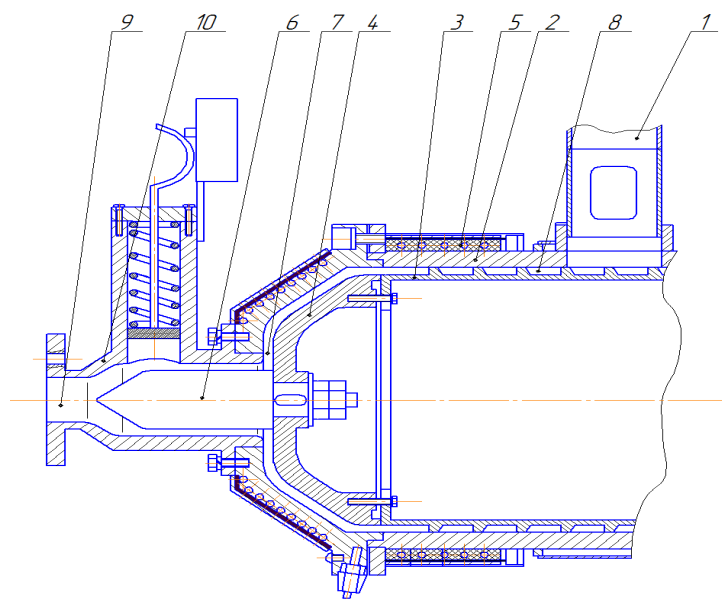
Незважаючи на високу вартість, каскадні екструдери на сьогодні стають основним обладнанням для високопродуктивних ліній одержання наповнених композицій, переробки інших нетрадиційних матеріалів. Поширення каскадних екструдерів пояснюється тим, що в них ефективно реалізуються такі процеси, як змішування, нагрівання, плавлення, диспергування, дегазація, здійснення хімічних перетворень (полімеризація, поліконденсація, вулканізація, модифікація тощо) [2].

Принциповою відмінністю дискових екструдерів порівняно з черв'ячними є те, що є можливість впливати на якість розплаву, змінюючи дисковий проміжок, не зупиняючи процес і підтримуючи сталу продуктивність. Як правило, каскадні дискові екструдери працюють у режимі дозованого живлення, яке забезпечується відповідними ваговими дозаторами. При цьому продуктивність екструдера у певних межах не залежить від числа обертів і опору формувальної головки, а глибина нарізки може бути відносно великою, що зменшує швидкість деформації і, відповідно, інтенсивність дисипації.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип дії дискових екструдерів полягає у використанні ефекту нормальних напружень, які виникають у полімері, що знаходиться між двома дисками, один з яких обертається. Основними безумовними перевагами дискового екструдера над черв'ячним, є: висока диспергуюча і гомогенізуюча здатність, простота конструкції і компактність. Тому їх доцільно використовувати на підприємствах невеликої потужності (з продуктивністю до 200 кг/год). Такі схеми гранулювання на базі дискових екструдерів компактні, мають відносно невелику енергоємність. Отже, тому і в даному проекті використовується каскадний дисково-шестеренний екструдер.

Для додаткової стабільності роботи екструдера встановлюється двигун, який би підтримував регульовану постійну частоту обертання диска та регулятор дискового проміжку, який дозволяє контролювати та регулювати гомогенізуючу здатність. Схема дискового екструдера зображена на рис 1.2.



1 - завантажувальна воронка; 2 – корпус; 3 – гільза; 4 – диск; 5 – елемент нагрівальний; 6 – наконечник; 7 – робочий простір; 8 – транспортуючий простір; 9 – розвантажувальний отвір; 10 – поршневий компенсатор.

Рисунок 1.2 – Схема дискового екструдера.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

У випадку модернізації існуючих технологічних ліній доцільно з метою покращення точності дозування використовувати дозуючі шестеренні насоси, які здатні забезпечити в декілька разів кращу стабільність та точність дозування, чим стандартні одночерв'ячні екструдери.

Тому каскадний дисково-шестеренний екструдер є найбільш прийнятною установкою для виготовлення полімерних гранул.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технічна характеристика

Продуктивність лінії, кг/год, (кг/с) 200,(0,06)

кінцевий продукт-гранули, розмірами, мм 4...6;

електропостачання - мережа трьохфазного струму:

1) напруга,В 380/220;

2) частота, Гц 50;

водопостачання -із системи технологічного водопроводу:

1) розрахунковий тиск, МПа (кгс/см²) 0,2 – 0,6;

(2 – 6);

2) об'ємна витрата води при температурі 20⁰С, м³/год, (м³/с),

не більше 2,0;

(5,55·10⁻⁴);

габарити, мм:

1) довжина 5500±100;

2) ширина(без пульта та шкафів керування) 850±100;

3) висота 2000±100;

маса, кг 3150.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Опис та обґрунтування вибраного дискового екструдера

3.1 Конструкція і принцип дії каскадного дисково-шестеренного екструдера, основних складальних одиниць та деталей

Каскадний дисково-шестеренний екструдер призначений для комплектації технологічних ліній для виготовлення полімерних гранул з легуючими добавками. Основними складальними одиницями такого екструдера є: диск в зборі, корпус диска, формуюча головка; деталями: диск, шестеренний насос, гільза, черв'як, корпус, фланець, штуцер, решітка гранулююча, нагрівач, електродвигун, клинопасова передача, редуктор та підшипник упорний.

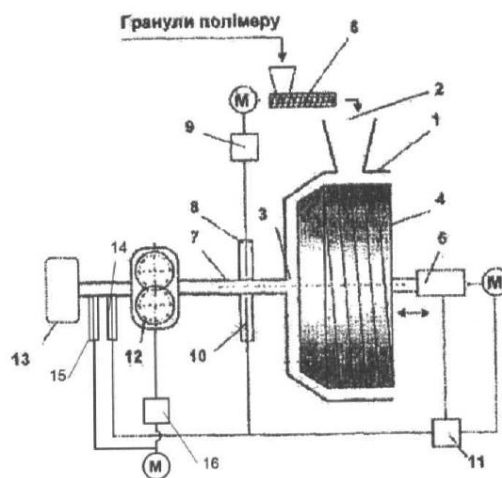
Корпус дискового екструдера - це товстостінна труба, яка містить гільзу для транспортування підігрітої і частково розплавленої суміші полімеру та легуючих добавок до диску, що рухається і де проводиться кінцеве плавлення і гомогенізація матеріалу. Черв'як виконує роль транспортера гомогенної суміші до входу в шестеренний насос, який стабілізує та створює тиск продавлює полімерну масу через формуючу головку і таким чином формує стренги. Готові стренги охолоджуються, ріжуться і упаковуються.

Зовнішня поверхня циліндра дискового екструдера умовно поділяється на температурні зони. Кожна зона містить встановлений електронагрівач опору. Електродвигун через клинопасову передачу і редуктор створює обертальний рух диска. Опорно-упорний підшипник монтується на тихохідному валу редуктора для сприйняття основних навантажень від диска.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Дисковий екструдер, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами і змонтованим у ньому з можливістю обертання диском, механізм регулювання величини дискового проміжку між корпусом і диском, дозатор сировини, установлений на вході в завантажувальний отвір, шестеренний насос, розплавопровід, розміщений на виході з розвантажувального отвору, оснащений датчиками температури та тиску, які встановлено після розвантажувального отвору, та додатковим датчиком температури, який встановлений після шестеренного насоса, а на виході з шестеренного насоса встановлено додатковий датчик тиску, який зв'язаний через диференціальний перетворювач з приводом насоса. [3].



1 – корпус; 2 - завантажувальний отвір; 3 - розвантажувальний отвір; 4 – диск;
5 – регулятор дискового проміжку; 6 – ваговий дозатор; 8 – компенсатор; 9 –
регулятор продуктивності; 10, 14 – датчик температури; 11 - регулятор частоти
обертання диска; 12 - шестеренний насос; 13 - екструзійна головка; 15 - статич-
ний змішувач, 16 - регулятор частоти обертання шестерень.

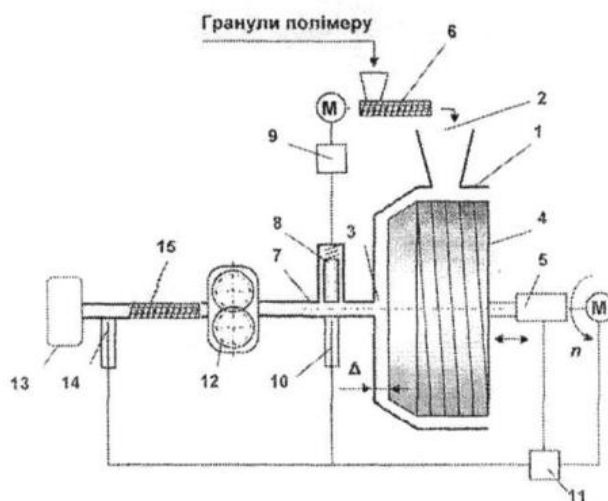
Рисунок 3.1 – Схема дискового екструдера №1

Недоліком цієї конструкції є температурна неоднорідність розплаву на виході з шестеренного насоса.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Наступна конструкція призначена вирішувати проблему температурної неоднорідності, завдяки встановленню статичного змішувача, який забезпечує високу якість розплаву на виході із формуючої головки. (рисунок 3.2).

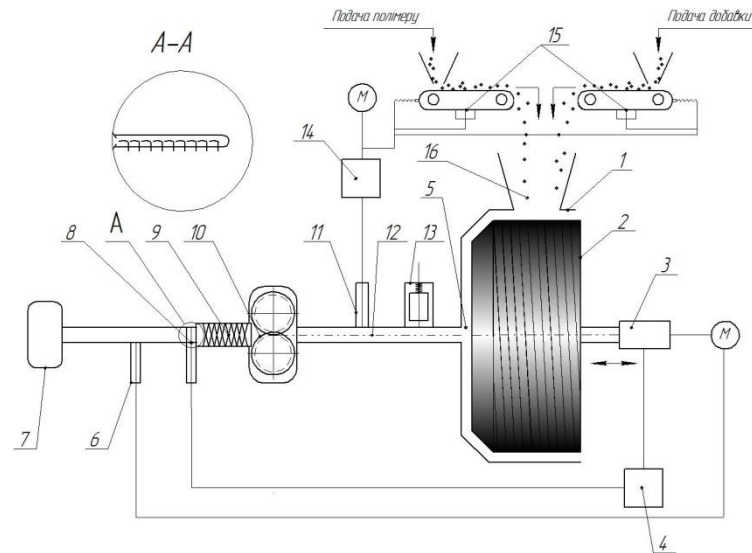
Дисковий екструдер, що містить корпус із завантажувальним та розвантажувальним отворами і змонтований у ньому, з можливістю обертання, диск, механізм регулювання величини дискового проміжку між корпусом і диском, дозатор сировини, що встановлений на вході у завантажувальний отвір, розплавопровід з компенсувальним елементом, розміщений на виході з розвантажувального отвору дискового екструдера, шестеренний насос, що встановлений на виході розплавопроводу, датчики температури, які з'єднані з регулятором частоти обертання диска, статичний змішувач, який встановлений на виході з шестеренного насоса. [4].



1 – корпус; 2 - завантажувальний отвір; 3 - розвантажувальний отвір; 4 – диск; 5 – регулятор дискового проміжку; 6 – ваговий дозатор; 8 – компенсатор; 9 – регулятор продуктивності; 10, 14 – датчик температури; 11 - регулятор частоти обертання диска; 12 - шестеренний насос; 13 - екструзійна головка; 15 - статичний змішувач.

Рисунок 3.2 – Схема дискового екструдера №2

Обидві попередні конструкції не передбачають контроль та регулювання змішуючої здатності дискового екструдера. Два вагових дозатори забезпечують можливість зміни концентрації легуючої добавки, а встановлення гребінчастої термопари дозволяє контролювати та регулювати температурну неоднорідність розплаву. Тому обираємо наступну конструкцію.



1 - корпус; 2 – диск; 3 – регулятор дискового проміжку; 4 – перетворювач сигналу; 5 – розвантажувальний отвір; 6,8 – термопара; 7 – формуючий інструмент; 9 – статичний змішувач; 10 – шестеренний насос; 11 - датчик тиску; 12 - розвантажувальний отвір; 13 - плунжерний компенсатор; 14 - регулятор продуктивності; 15- вагові дозатори; 16 - завантажувальний отвір.

Рисунок 3.3 – Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера №3

Полімерна композиція, що підлягає переробленню, дозується ваговими дозаторами 15 у завантажувальний отвір 16 корпусу 1, де захоплюється гвинтовою нарізкою диска 2 і далі транспортується, плавиться і гомогенізується, рухаючись у напрямку до розвантажувального отвору 5. Залежно від коливання заданого тиску в розплавопроводі 12 сигнал від датчиків тиску 11 надходить до регулятора 14 продуктивності дозаторів 15, які забезпечують зниження або підвищення подавання вихідних компонентів в екструдер і таким чином стабілізують тиск на вході в шестеренний насос 10. Підпружинений плунжерний компенсатор 13 слугує для зменшення інерційності та стабілізації тиску та продук-

тивності на вході в шестеренний насос. Далі композиція під певним тиском заповнює міжзубні впадини шестеренного насосу, переміщується на вихід, проходить статичний змішувач 9 та формуючий інструмент 7. Степінь змішування розплаву оцінюється по температурному полю в каналі змішувача, яке сканується за допомогою гребінчастої термопари 8 (набір одиночних термопар в одному корпусі, що розташовані по перерізу каналу) в перетворювачі сигналу 4, який зв'язаний з регулятором величини дискового проміжку 3. Середня температура розплаву контролюється термопарою 6 та регулюється за допомогою частоти обертання диска 2, змінюючи термо-механічне навантаження на розплав при незмінній продуктивності [5].

Використання даного екструдера дає можливість, не зупиняючи установку, гнучко керувати процесом гомогенізації розплаву за рахунок можливості зміни величини дискового проміжку між корпусом і диском при сталій продуктивності, забезпечуючи при цьому високу температурну однорідність розплаву.

Таблиця 3.1- Технічне обґрунтування обраної конструкції

№	Складність конструкції, оцінка	Встановлена потужність, кВт/оцінка	Продуктивність, кг/год, (оцінка)	Маса лінії, 1000 кг	Кількість оцінка
1	4	2	200(5)	3,8(3)	12
2	4	3	200(5)	3,8(3)	17
Обраний варіант	5	5	200(5)	3,1(5)	20

Висновок: обраний варіант є найкращим по обраним критеріям якості.

3.3 Патентне дослідження

У проекті розробляється конструкція каскадного дисково-шестеренного екструдера для виготовлення полімерних гранул.

Предметом пошуку є: конструкція екструдера та шестеренного насосу.

Результатом пошуку є аналіз патенту на його сильні і слабкі сторони.

1. Патент запропонований авторами [6]

Переваги:

- інтенсивний процес нагріву і висушування сировини внаслідок повторного використання теплової енергії;
- зменшення часу сушіння внаслідок підвищення температури нагріву повітря;
- підвищення якості готового виробу внаслідок точного і надійного терморегулювання процесу виробництва.
- покращення механічних властивостей виробу внаслідок ефективного змішування.

Недоліки:

- складність конструкції;
- висока металоємність.

2. Патент запропонований авторами [7]

Переваги:

- інтенсифікація процесу переробки;
- підвищення якості змішування.

Недоліки:

- проблематичне виготовлення деталей;
- необхідність в регулярному ремонті, внаслідок швидкого зносу деяких елементів конструкції.

3. Патент запропонований авторами [8]

Переваги:

- висока якість розплаву;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стабільний процес екструзії за рахунок безперервності регулювання живлення екструдера.

Недоліки:

- дороговартісний процес виготовлення деяких складальних одиниць;
- низька ресурсоенергоефективність.

4. Патент запропонований авторами [9]

Переваги:

- можливість запобігання перегріву розплаву та його термічній деструкції;
- інтенсифікація диспергуючого змішування;
- ефективна гомогенізація розплаву.

Недоліки:

- трудомісткий процес очищення деталі;
- необхідність в певних навичках для обслуговуючого працівника.

5. Патент запропонований авторами [10]

Переваги:

- низька величина зворотнього потоку ;
- великі терміни міжремонтних періодів;
- висока продуктивність екструдера.

Недоліки:

- недостатня змішуюча здатність;
- низька корозійна стійкість.

6. Патент запропонований авторами [11]:

Переваги:

- зручність контролю перебігу процесу;
- контроль і регулювання тиску не зупиняючи установку.

Недоліки:

- недостатня однорідність вихідного продукту;
- низька ресурсоенергоефективність;
- нестабільні показники продуктивності.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Патент запропонований авторами [12]

Переваги:

- інтенсифікація процесу переробки;
- підвищення якості змішування.

Недоліки:

- проблематичне виготовлення деталей;
- необхідність в регулярному ремонті, внаслідок швидкого зносу деяких елементів конструкції.

8. Патент запропонований авторами [13]

Переваги:

- низька величина зворотнього потоку ;
- великі терміни міжремонтних періодів;
- висока продуктивність екструдера.

Недоліки:

- недостатня змішуюча здатність;
- низька корозійна стійкість;
- складність конструкції;
- висока металоємність..

9. Патент запропонований авторами [14]:

Переваги:

- низька величина зворотнього потоку ;
- великі терміни міжремонтних періодів;
- висока продуктивність екструдера.

Недоліки:

- проблематичне виготовлення деталей;
- низька корозійна стійкість.

10. Патент запропонований авторами [15]:

Переваги:

- проста конструкція, легка в обслуговуванні;
- висока гомогенність розплаву.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

- низька продуктивність обладнання;
- великі енергозатрати;
- складність в монтажі, експлуатації і обслуговуванні.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) у розроблюваному пристрої не використано суттєвих ознак, якими вирізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного пристрою є достатньо відомими й широко використовуваними на практиці. Це дозволяє припустити, що модернізація не потребуватиме придбання ліцензій на випуск нової продукції;

2) провідними державами у галузі обладнання для переробки полімерних матеріалів методом екструзії є: США, Фінляндія, Німеччина, Японія, Україна й Російська Федерація. При цьому запатентовані винаходи й корисні моделі стосуються як дискового екструдера в цілому, так і його окремих вузлів;

3) аналіз патентів дає змогу зробити висновок, що в галузі обладнання для переробки полімерних матеріалів методом екструзії, за допомогою дискового екструдера, основні розробки спрямовані на патентування нових конструкцій дискової головки, при цьому найчастіше не універсальних, а спеціальних.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Розрахунки, що підтверджують надійність та працездатність конструкції

До недавнього часу на фінальній стадії для створення тиску та дозування використовувався, в основному, в'язкістий одночерв'ячний дозуючий екструдер, енергоефективність якого для вищеназваних процесів не перевищує 10%. До того ж коливання тиску та продуктивності на виході з черв'ячного екструдера призвели до вимушеного закладання в технічні умови та стандарти завищених допусків на геометричні розміри виробів, часто на 10-15% і, відповідно, до перевитрат сировини і енергії.

Тенденція в структурі переробки полімерів у майбутньому буде змінюватись за рахунок збільшення частки екструзійних процесів [17-18] для виробництва труб, листів, плівок та інших профільно-погонажних виробів, тому створення та розроблення ресурсоенергоефективних технологій екструзії полімерів з використанням каскадних схем є актуальною задачею.

Найбільшого поширення набули каскадні агрегати, що складаються з двох екструдерів, які вибираються в залежності від прийнятої схеми технологічного процесу переробки.

В одних випадках перший екструдер призначений для підготовки якісного розплаву, а другий – для його дозування.

Застосовують також іншу схему переробки, при якій перший екструдер готує агломерат, а другий призначений для кінцевого доведення розплаву та дозування його до формуючого елемента.

По першій схемі в якості пластикуючого екструдера застосовують одночерв'ячні, двочерв'ячні, планетарно-вальцеві, черв'ячно-роторні, дискові, та інші варіанти екструдерів, тобто, машини з динамічним змішувачем, які мають підвищений змішувальний ефект.

Теоретичні і експериментальні дослідження по удосконаленню процесів екструзії, які проводяться на кафедрі МАХНВ КПІ ім. Ігоря Сікор-

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ського показали, що процеси плавлення та гомогенізації ефективніше проводити в полі високих швидкостей зсуву при незначних тисках[19], тобто реалізуючи модель диспергованого плавлення, яка у 4-5 разів ефективніша, за класичну пробкову модель плавлення Тадмора і полягає в тому, що частинки твердого полімеру дисперговані в його розплаві[20]. При цьому підвищується інтенсифікація процесу плавлення за рахунок збільшення площі поверхні контакту твердих частинок з розплавом. Процеси створення тиску та дозування ефективніше виконувати об'ємним дозуючим насосом з жорсткою напірною характеристикою, наприклад шестеренним насосом для розплаву[21] .

З урахуванням вищесказаного на кафедрі МАХНВ була розроблена ресурсоенергоощадна система каскадної дисково-шестеренної екструзії (ЕКДШ), яка передбачає виведення в автономно-керуємі таких операцій, як дозоване живлення, плавлення і гомогенізація, та дозування розплаву, рисунок 4.1.

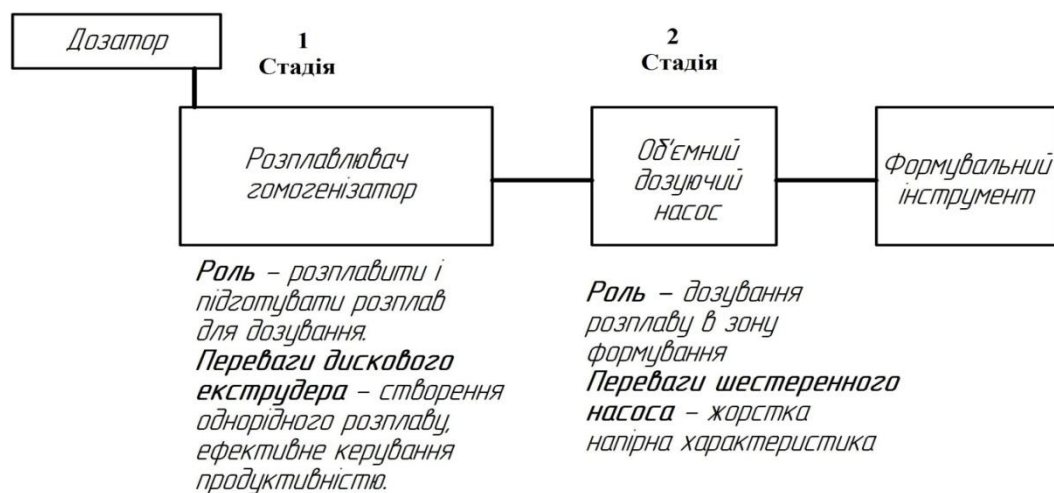


Рисунок 4.1 – Система каскадної екструзії

На першій стадії в якості розплавлювача-гомогенізатора використовується дисковий екструдер, який працює в режимі дозованого живлення, що дозволяє при невисоких тисках реалізувати модель диспергованого плавлення, в якій зменшується витрата енергії на плавлення до 30%, температура розплаву більш однорідна і нижча, довжина зони плавлення зменшується в 2-4 рази . До того ж покращується керованість процесом

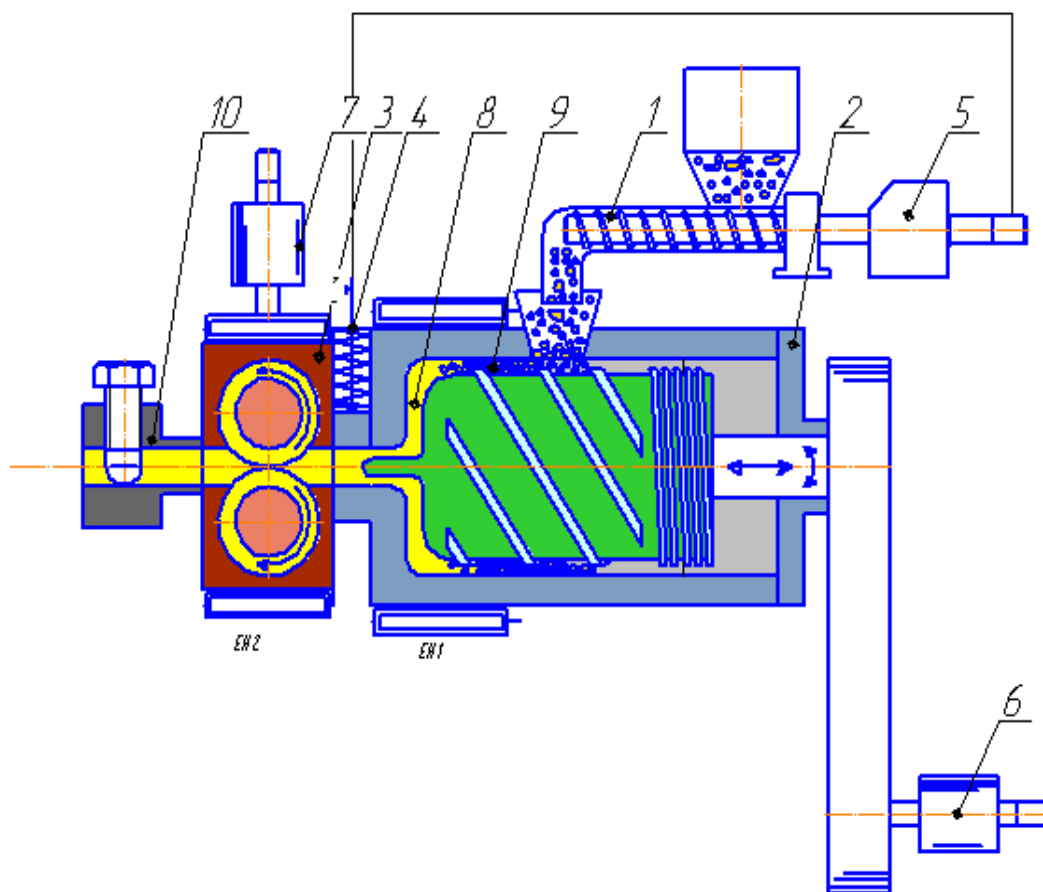
плавлення і гомогенізації за рахунок можливості регулювання термо-механічного навантаження на полімер при незмінній продуктивності. Це можливо в завантажувально-пластикуючій зоні за допомогою регулювання частоти обертання шнека, а в дисковій зоні - величиною робочого зазору.

Шестеренний насос в каскадній схемі екструзії виконує подвійну роль:

- по перше він вирівнює пульсацію розплаву і стабілізує коливання продуктивності, які, в більшості випадків, не перевищують 1% від номінального значення, що дозволяє випускати продукцію з меншими допусками на геометричні розміри зі значною економією сировини і енергії, що і є головною економічною підставою використання таких насосів для дозування розплавів полімерів;

- по друге він дає змогу знімати деяке навантаження з основного екструдера (дискового чи черв'ячного), дозволяючи йому працювати при нижчому тиску і, отже, з меншими виділеннями теплоти тертя. Це може в результаті дати заощадження енергії, або збільшення продуктивності, якщо обмежуючим чинником є висока температура.

Особливістю екструдера є те, що всі три пристрої шнековий дозатор 1, дисковий екструдер 2 і шестеренний насос 3 оснащені приводами 5,6,7 з можливістю безступінчастого регулювання кутової швидкості робочих органів, а також те, що між дисковим екструдером і шестеренним насосом встановлено компенсатор 4, який має зворотній зв'язок із приводом дозатора та узгоджує продуктивність дозатора і шестеренного насоса.



1 - шнековий дозатор; 2 - дисковий екструдер; 3 - шестеренний насос; 4 - компенсатор; 5,6,7 - приводи обертових органів каскадного екструдера; 8 - торцевий робочий зазор; 9 - завантажувально-пластикувальна зона; 10 - дроселюючий пристрій

Рисунок 4. 2– Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера

Перероблюваний полімер шнековим дозатором 1 подається в завантажувальну горловину дискового екструдера 2, де він захоплюється багатозахідною гвинтовою нарізкою завантажувально-пластикувальної зони 9, розігрівається, плавиться за рахунок енергії дисипації і у вигляді розплаву надходить у торцевий робочий зазор 8 дискового екструдера, де завершується плавлення полімеру і його гомогенізація. Під дією вакууму, створеного в шестеренному насосі та тиску, який створюється завантажувально-пластикувальною зоною та ефектом Вайссенберга розплав попадає на вхід шестеренного насоса 3, де заповнює міжзубні западини шесте-

рень, які під час їх обертання забезпечують перенесення розплаву і високий тиск, необхідний для проходження розплаву через дроселюючий пристрій 10. Нагрівачі ЕН1 і ЕН2 використовуються при стартовому розігріві, а далі екструдер працює в автогенному режимі.[22]

Процес гомогенізації реалізується на практиці не тільки в каналі черв'яка, а й в каналах робочих органів більш складної конфігурації, наприклад, в зазорі між нерухомим корпусом і обертовим диском. Тому виникає необхідність розробки деякого узагальненого модуля апроксимації (розрахунку по елементах) дає можливість врахувати складність конфігурації робочих каналів конструктивних елементів. В багатьох випадках дія конструктивних елементів зводиться до зображених на рис. 4.3 випадків течії в каналі черв'яка, зазорі між нерухомим і обертовими циліндрами, конусами, дисками.

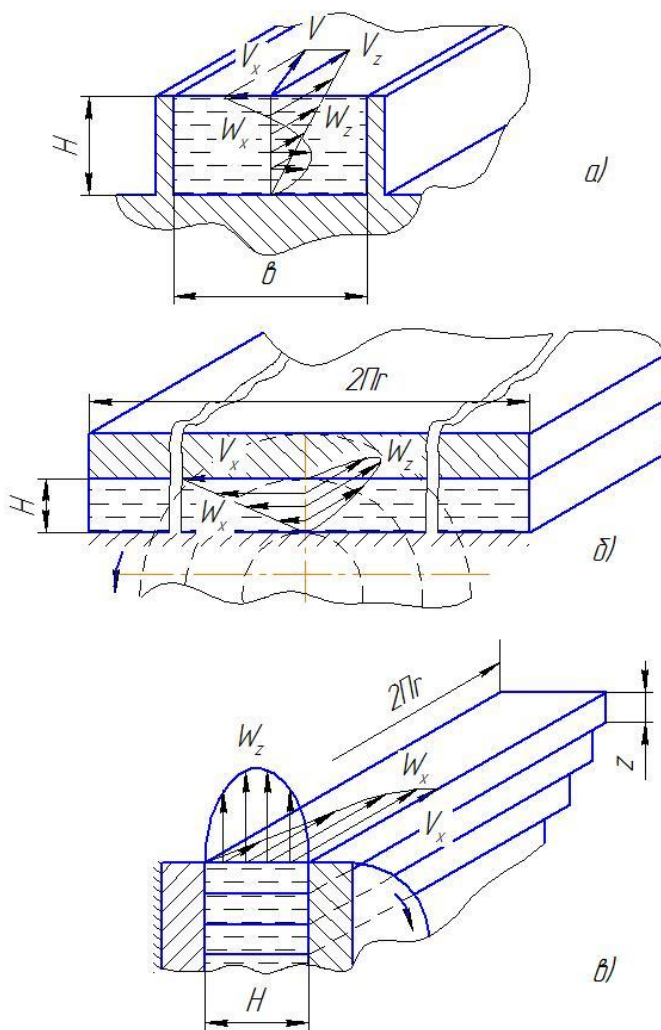


Рисунок 4.3 Схеми процесів гомогенізації

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Ці течії, з врахуванням обмежень, характерних для робочих органів екструзійного устаткування, мають деякі загальні властивості, до яких належать: стаціонарність течії, мала ділянка гідродинамічної стабілізації в зв'язку з високою в'язкістю розплаву, якою можна знехтувати, двовірність течії і конструктивні особливості робочих каналів, суть яких полягає в тому, що один із розмірів набагато менший решти, тому зміна параметрів найбільш суттєва тільки вздовж однієї координати (y). Ці особливості дозволяють значно спростити математичні моделі і розглядати процес течії в прямокутній системі координат (рис. 4.1), вважаючи, що відповідно до методу ступеневої апроксимації в межах елемента ряд параметрів, в тому числі і швидкість, можна вважати незмінним по координаті z .

Знехтуємо силами інерції і тяжіння в рівняннях руху, які набагато менші порівняно з силами в'язкості та тиску, і будемо вважати, що складова швидкості $W_y = 0$, а найбільша із складових W_x і W_z відбувається по координаті y . Тоді найбільш суттєве значення мають похідні $\partial W_x / \partial y$ і $\partial W_z / \partial y$, відповідно, компоненти тензора напруги τ_{yx} і τ_{yz} . З врахуванням сказаного, рівняння руху набувають вигляду:

$$-\frac{\partial W_x}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} = 0 \quad (4.1)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} = 0 \quad (4.2)$$

Зауважимо, що у випадках, зображених на рис. 4.1б, в градієнт тиску в напрямі x також дорівнює нулю. Компоненти тензора напруги відповідно дорівнюють:

$$\tau_{yx} = \mu(l_2, T) \frac{\partial W_x}{\partial y} \quad (4.3)$$

$$\tau_{yz} = \mu(l_2, T) \frac{\partial W_z}{\partial y} \quad (4.4)$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

причому, відмінними від нуля компонентами другого інваріанта I_2 є тільки $\gamma_x = \partial W_x / \partial y$ і $\gamma_z = \partial W_z / \partial y$.

При застосуванні методу ступеневої апроксимації в'язкість в межах елемента можна вважати постійною і визначати її за середніми для елемента значеннями γ_x , γ_z і середньою температурою T_c . Зміна ряду величин також відбувається стрибкоподібно на поверхні розділу елементів і в межах елемента їх можна вважати незмінними по координаті y . Тоді замість рівнянь для неньютонівської моделі рідини, які в даному випадку мають вигляд:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} + \mu^2 \frac{\partial^2 W_x}{\partial y^2} = 0 \quad (4.5)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial z} + \mu^2 \frac{\partial^2 W_z}{\partial y^2} = 0 \quad (4.6)$$

Граничні умови:

при $y = 0$ $W_x = 0$ $W_z = 0$

при $y = H$ $W_x = V_x$ $W_z = \begin{cases} V_z \\ 0 \end{cases}$ - для каналу черв'яка і для зазорів відповідно.

Для визначення тиску використаємо рівняння нерозривності в інтегральній формі. Розглянемо складову швидкості W_z , яка визначає масову витрату через поперечні перерізи відповідних каналів: $S_k = bH$ для каналу черв'яка і $S_k = 2\pi rH$ для зазорів між циліндрами, конусами, дисками. Масова витрата в цьому випадку дорівнює:

$$G = \rho S_k \cdot \frac{1}{H} \int_0^H W_z dy \quad (4.7)$$

Розглянемо тепер складову швидкості W_x . Для зазорів між циліндрами, конусами, дисками для фіксованого радіуса тиск в тангенціальному напрямі незмінний, тому $\partial P / \partial x = 0$. Для каналу черв'яка складова W_x є циркуляційною

складовою, бо визначає циркуляцію розплаву поперек каналу (рис. 4.1а). Тому масова витрата через будь-який переріз $H \Delta z$ дорівнює нулю:

$$G = \rho H \Delta z \frac{1}{H} \int_0^H W_x dy = 0 \quad (4.8)$$

Рівняння для визначення тиску в цьому випадку набуває вигляду

$$\int_0^H W_x dy = 0 \quad (4.9)$$

Для розрахунку температурних полів слід розв'язати рівняння енергії. Проте для випадку, коли процес ведеться в адіабатичному режимі, для обчислення середньої температури достатньо визначити потужність дисипації, яка йде на підвищення ентальпії розплаву. Для цього необхідно проінтегрувати по об'єму елемента функцію дисипації в рівнянні енергії. Оскільки найбільше значення мають тільки компоненти $\partial W_x / \partial y$ і $\partial W_z / \partial y$, то рівняння для визначення потужності дисипації набуває вигляду:

$$\Delta N_\partial = \int_0^{S_k} \int_{z_1}^{z_2} \int_0^H \mu \left[\left(\frac{\partial W_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W_z}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy dz \quad (4.10)$$

Відповідно до спрощень методу ступеневої апроксимації підінтегральна функція залежить тільки від координати y , тому рівняння (4.12) спрощується:

$$\Delta N_\partial = S_k \Delta z \int_0^H \mu \left[\left(\frac{\partial W_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W_z}{\partial y} \right)^2 \right] dy \quad (4.11)$$

Таким чином розв'язання системи рівнянь (4.5) - (4.9), (4.11) і (4.13) дає можливість визначити компоненти швидкості W_x і W_z тиск P , а також потужність дисипації. Після руйнування полімерної пробки, яким завершується механізм процесу плавлення, розплав має нерозплавлені частинки цієї пробки. Тому для перехідної області можна припустити, що потужність дисипації витрачається на завершення плавлення цих частинок, а середня температура не змінюється і залишається рівною його температурі, обчислений в останньому модулі зони плавлення. Тоді масова витрата розплаву збільшиться на величину:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta G_p = \frac{\Delta N_\partial}{i_c - i_{ex}} \quad (4.12)$$

де i_c - ентальпія розплаву при його середній для даного елемента температурі. Середньомасова температура полімеру в цьому випадку обчислюється за рівнянням:

$$T = 1 / G \left[G_p T_c + (G - G_p) T_{ex} \right], \quad (4.13)$$

де G_p - масова витрата розплаву, яку знаходимо, складаючи значення ΔG_p для всіх елементів.

Після завершення плавлення приріст середньої температури розплаву можна визначити з рівняння теплового балансу елемента Δz , звідки одержимо:

$$\Delta T = \frac{\Delta N_\partial}{GC}, \quad (4.14)$$

де C - теплоємність розплаву при його середній температурі.

Розглянемо випадок течії розплаву в зазорах між нерухомим і обертовим циліндрами, конусами, дисками (рис. 4.1 б, в). Зауважимо, що при відповідному виборі кроку розрахунку зміною швидкості по радіусу в межах елемента можна знехтувати, замінивши безперервну її зміну ступінчастою. Оскільки $\partial P / \partial x$ в розглядуваних випадках дорівнює нулю, то система рівнянь руху (4.5) і (4.6) набуває вигляду:

$$\frac{\partial^2 W_x}{\partial y^2} = 0 \quad (4.15)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \frac{\partial^2 W_z}{\partial y^2} = 0 \quad (4.16)$$

Інтегруючи по y рівняння і визначаючи постійні інтегрування з граничних умов (4.7) і (4.8), одержимо:

$$W_x = V_x \frac{y}{H} \quad (4.17)$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення $V_x = 2\pi r n$ залежить від радіуса r , однак, як уже говорилося, в межах елемента Δz вважається незмінним.

Інтегрування рівняння (4.36) дає наступний вираз для складової швидкості W_z :

$$W_z = \frac{1}{2\mu} \frac{\partial P}{\partial z} y^2 + C_1 y + C_2 \quad (4.18)$$

З граничної умови (4.7) маємо $C_2 = 0$. Використовуючи граничну умову (4.8) для випадку зазорів, одержимо:

$$\frac{1}{2\mu} \frac{\partial P}{\partial z} H^2 + C_1 H = 0 \quad (4.19)$$

звідки

$$C_1 = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial P}{\partial z} H \quad (4.20)$$

Підставивши значення постійних інтегрування в (4.38), одержимо вираз, що описує профіль швидкості в напрямі z :

$$W_z = \frac{1}{2\mu} \frac{\partial P}{\partial z} (y^2 - Hy) \quad (4.21)$$

Таким чином, профіль складової швидкості W_x лінійний, а складової W_z , яка пов'язана з масовою витратою, параболічний. Ці складові для одного елемента зображені на рис. 8. 1б, в. Відзначимо ще раз, що обидва профілі незалежні від радіуса відповідно до методу ступеневої апроксимації тільки в межах елемента і стрибкоподібно змінюються при переході до іншого елемента. Тому при виборі кроку розрахунку по координаті z потрібно оцінювати можливу похибку обчислень. Для визначення градієнта тиску скористаємось рівнянням нерозривності (4.9). Підставивши в нього значення W_z відповідно до формули (4.21), одержимо:

$$G = \rho 2\pi r H \int_0^H W_z dy = \rho 2\pi r \frac{1}{2\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \int_0^H (y^2 - Hy) dy \quad (4.22)$$

Після інтегрування маємо:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G = -\frac{\rho\pi rH^3}{6\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (4.23)$$

Визначимо далі градієнт тиску:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\frac{6G\mu}{\rho\pi rH^3} \quad (4.24)$$

і після підстановки одержаного виразу в (4.41), маємо:

$$W_z = \frac{3G}{\rho\pi rH^3} (Hy - y^2) \quad (4.25)$$

Інтегруючи рівняння (4.44) в межах від z_1 до z_2 і від P_1 до P_2 , одержимо наступний вираз для визначення приросту тиску:

$$\Delta P = -\frac{6G\mu}{\rho\pi rH^3} \Delta z \quad (4.26)$$

Визначимо тепер складові швидкості деформації, диференціюючи по y вирази (4.37) і (4.45):

$$\gamma_x = \frac{\partial W_x}{\partial y} = \frac{V_x}{H} \quad (4.27)$$

$$\gamma_z = \frac{\partial W_z}{\partial y} = \frac{3G}{\rho\pi rH^3} (H - 2y) \quad (4.28)$$

Потужність дисипації може бути визначена з рівняння (4.34) в якому значення складових швидкості деформації знаходяться відповідно до рівнянь (4.47) і (4.48). Температура полімеру знаходиться за рівнянням (4.15) залежно від наявності або відсутності в розплаві нерозплавлених частинок полімеру.[1]

4.1 Параметричний розрахунок дискового екструдера

Метою даного розрахунку є визначення основних параметрів диска, таких як: діаметр диска, ширина каналу гвинтової нарізки, діаметр конуса, число обертів диска, потужність нагрівників та на диску, температуру розплаву та вибору електродвигуна.

Вхідні дані:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- початкове наближення діаметра диска D , м 0,15;
- глибина каналу нарізки диска H_1 , м 0,008;
- ширина отвору подачі гранул L_3 , м 0,08;
- число заходів нарізки K 4;
- діаметр вихідного отвору D_1 , м 0,065;
- число паралельних зазорів m 1;
- кут нахилу твірної диска α , град 40^0 ;
- кут гвинтової нарізки φ , град $17,7^0$;
- зазор між дисками H_2 , м 0,005;
- продуктивність екструдера G_M , кг/год 200;
- коефіцієнт заповнення нарізки ψ 1;
- температура гранул на вході в екструдер $T_{вх}$, 0C 20;
- температура плавлення полімеру $T_{пл}$, 0C 110;
- температура стінки циліндра $T_{ц}$, 0C 190;
- температура розплаву на виході екструдера T_k , 0C 180;
- насипна маса гранул ρ_0 , $кг/м^3$ 520;
- ентальпія гранул при температурі входу $i_{вх}$, Дж/кг 41900;
- теплофізичні властивості розплаву як функції температури:
- теплоємність полімеру при температурі $t = 120^0C$:

$$c = 1000 \cdot (1,6436 + (3,6869E - 03)t + (-2,0592E - 06)tt) \frac{Bm}{кг \cdot ^0C};$$

- густина полімеру при температурі $t = 120^0C$: $\rho = 600 \frac{кг}{м^3};$

- теплопровідність полімеру при температурі $t = 120^0C$:

$$\lambda = 0,1395711 + (7,927249E-04) \cdot t + (-1,24732E-06) t t \frac{Bm}{м \cdot ^0C};$$

- в'язкість розплаву $\mu(\gamma, T)$: $\mu = 40600 \cdot \gamma^{-0,7} \cdot e^{(-0,00998 \cdot (T-120))}$ – реологічне рівняння в'язкості.

Головним робочим органом дискового екструдера є дискова головка.

Розрахункова схема головки зображено на рисунку 4.4.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

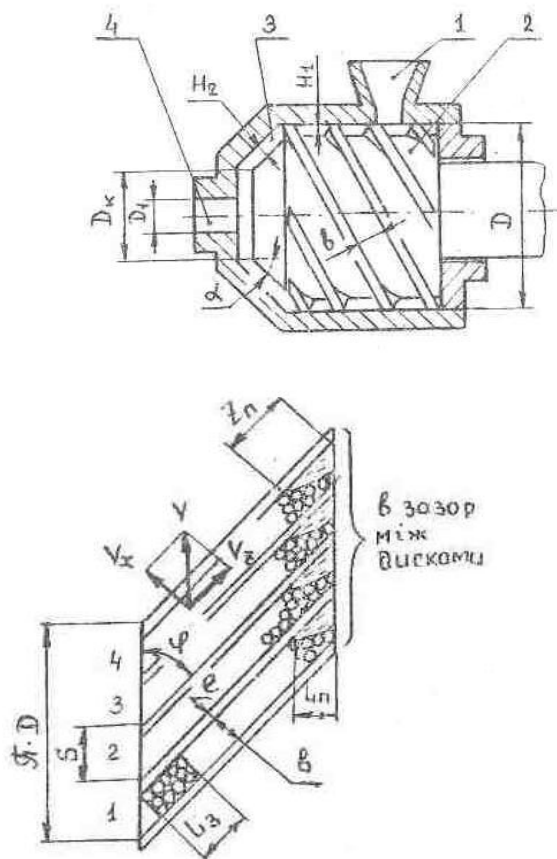


Рисунок 4.4 - Розрахункова схема дискової головки

Скористаємось алгоритмом запропонованим [1].

Алгоритм розрахунку дискового екструдера.

Швидкість циліндра $V = \pi Dn$ проектується на координаті осі:

$$V_x = V \sin \varphi. \quad (4.29)$$

$$V_z = V \cos \varphi. \quad (4.30)$$

Середня швидкість руху полімерної пробки вздовж витка нарізки, м/с:

$$V_{zt} = G / (\rho_H b H_1). \quad (4.31)$$

Нехтуємо силами інерції, оскільки розплав є високов'язкою рідиною, та силами тяжіння:

$$\rho g_x = \rho g_y = \rho g_z = 0. \quad (4.32)$$

Рух полімеру в плівці можна розглядати як рух між нерухомою (поверхня розділу) та рухомою (стінка циліндра) поверхнями в напрямі X, і між поверх-

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

нями, які рухаються зі швидкостями V_{ZT} (поверхня розділу) та V_Z (стінка циліндра) в напрямі Z . Тому вплив градієнтів тиску можна не враховувати:

$$\partial P / \partial x = 0, \partial P / \partial y = 0, \partial P / \partial z = 0.$$

З врахуванням спрощень система рівнянь руху має вид:

$$\mu = \frac{\partial^2 W_x}{\partial y^2} = 0; \quad (4.33)$$

$$\mu = \frac{\partial^2 W_z}{\partial z^2} = 0. \quad (4.34)$$

Граничні умови для розв'язання цих рівнянь:

$$\text{при } y = 0 \quad W_x = 0; \quad W_x = V_{ZT}; \quad (4.35)$$

$$\text{при } y = \delta \quad W_x = V_x; \quad W_z = V_z. \quad (4.36)$$

Якщо надалі вважати, що внутрішні джерела відсутні ($q_v = 0$), а в функції дисипації найбільшими похідними є $\frac{\partial W_x}{\partial y}$ та $\frac{\partial W_z}{\partial y}$, то рівняння енергії з врахуванням спрощень набуває вигляду:

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \mu \left[\left(\frac{\partial W_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W_z}{\partial y} \right)^2 \right] = 0. \quad (4.37)$$

На поверхні розділу температура полімеру дорівнює температурі плавлення $T_{пл}$, а на стінці циліндра, відповідно, - температурі цієї стінки $T_{ц}$.

Значення $T_{ц}$ задається і підтримується системою тепло забезпечення циліндра. Тоді граничні умови для розв'язання рівняння (4.1.9) будуть такими:

$$\text{при } y = 0 \quad T = T_{пл}; \quad (4.38)$$

$$\text{при } y = \delta \quad T = T_{ц}. \quad (4.39)$$

Рівняння теплового балансу для поверхні розділу:

$$dG_p (i_{пл} - i_{BX}) = q_{y=0} X dz. \quad (4.40)$$

Кількість розплаву dG_p , що утворюється за одиницю часу на поверхні розділу і переходить в область розплаву біля штовхаючого витка:

$$dG_p = \rho \delta dz W_c. \quad (4.41)$$

де: швидкість в напрямку x дорівнює:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$W_C = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} W_x dy. \quad (4.42)$$

Тепловий потік на поверхні розділу ($y=0$) відповідно до закону Фур'є знаходять за рівнянням:

$$q_{y=0} = \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=0}. \quad (4.43)$$

Після підстановки отримаємо:

$$\rho \int_0^{\delta} W_x dy (i_{nl} - i_{ex}) = \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=0} X. \quad (4.44)$$

Для визначення ширини нерозплавленого полімеру X складемо рівняння матеріального балансу, згідно з яким збільшення масової витрати розплаву на довжині dz дорівнює зменшенню витрати твердого полімеру на тій же довжині:

$$-\rho_H V_{zT} (H - \delta) dX = \rho dz \int_0^{\delta} W_x dy. \quad (4.45)$$

Таким чином, система рівнянь (4.29) - (4.34), (4.37) з граничними умовами (4.36), (4.37), (4.39), а також рівняння (4.44) і (4.45) разом з функціями, які описують залежність властивостей від температури і в'язкості від компонент швидкості деформації і температури, є математичною моделлю модуля плавлення. Розв'язання цієї системи дозволяє визначити профілі швидкості і температур, середню температуру розплаву і товщину плівки розплаву і нерозплавленого полімеру, масові витрати розплаву і нерозплавленого полімеру, потужності дисипації і нагріву або (охолодження) циліндра.

Для модуля гомогенізації існують свої залежності [12].

Рівняння руху мають вид:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} = 0. \quad (4.46)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} = 0. \quad (4.47)$$

Компоненти тензора напруги:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$\tau_{yx} = \mu(l_2, T) \frac{\partial W_x}{\partial y}. \quad (4.48)$$

$$\tau_{yz} = \mu(l_2, T) \frac{\partial W_z}{\partial y}. \quad (4.49)$$

причому, відмінними від нуля компонентами другого інваріанта l_2 є тільки

$$\gamma_x = \frac{\partial W_x}{\partial y} \text{ і } \gamma_z = \frac{\partial W_z}{\partial y}.$$

При застосуванні методу ступеневої апроксимації в'язкість в межах елемента можна вважати постійною і визначати її за середніми для елемента значеннями γ_x і γ_z і середньою температурою T_c . Зміна ряду величин також відбувається стрибкоподібно на поверхні розділу елементів і в межах елемента їх можна вважати незмінними по координаті y . Тоді для описання течії застосовується рівняння руху для Ньютонівської моделі рідини, які мають в даному випадку вид:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 W_x}{\partial y^2} = 0 \quad (4.50)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \frac{\partial^2 W_z}{\partial y^2} = 0. \quad (4.51)$$

Граничні умови:

$$\text{при } y = 0 \quad W_x = 0; \quad W_z = 0; \quad (4.52)$$

$$\text{при } y = H \quad W_x = V_x; \quad W_z = 0. \quad (4.53)$$

Масова витрата для зазорів між дисками:

$$G = \rho S_k \frac{1}{H} \int_0^H W_z dy. \quad (4.54)$$

Рівняння для визначення тиску в цьому випадку набуває вигляду:

$$\int_0^H W_x dy = 0. \quad (4.55)$$

Оскільки найбільше значення мають тільки компоненти $\frac{\partial W_x}{\partial y}$ і $\frac{\partial W_z}{\partial y}$, то

рівняння для визначення потужності дисипації набуває вигляду:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta N_D = \int_0^{S_K} \int_{Z_1}^{Z_2} \int_0^H \mu \left[\left(\frac{\partial W_X}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W_Z}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy dz. \quad (4.56)$$

Відповідно до спрощень методу ступеневої апроксимації підінтегральна функція залежить тільки від координати у, тому рівняння спрощується:

$$\Delta N_D = S_K \Delta z \int_0^H \mu \left[\left(\frac{\partial W_X}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W_Z}{\partial y} \right)^2 \right] dy. \quad (4.57)$$

Таким чином, розв'язання системи рівнянь (4.22)–(4.26), (4.27), (4.28) дає можливість визначити компоненти швидкості W_X і W_Z , тиск P , а також потужність дисипації. Після руйнування полімерної пробки, яким завершується механізм процесу плавлення, розплав має нерозплавлені частинки цієї пробки. Тому для перехідної області можна припустити, що потужність дисипації витрачається на завершення плавлення цих частинок, а середня температура розплаву не змінюється і залишається рівною його температурі, обчислений в останньому модулі зони плавлення. Тоді масова витрата розплаву збільшиться на величину:

$$\Delta G_P = \frac{\Delta N_D}{i_C - i_{BX}} \quad (4.58)$$

де i_S – ентальпія розплаву при його середній для даного елемента температурі.

Середньомасова температура полімеру в цьому випадку:

$$T = 1 / G [G_P T_C + (G - G_P) T_{BX}]. \quad (4.59)$$

Після завершення плавлення приріст середньої температури розплаву можна визначити з рівняння теплового балансу елемента Δz , звідки одержимо:

$$\Delta T = \frac{\Delta N_D}{GC}. \quad (4.60)$$

де C – теплоємність розплаву при його середній температурі.

За один оберт кожен з каналів гвинтової нарізки диска знаходиться під отво-ром воронки тільки один раз, тому при відсутності дозатора масову витрату визначають за формулою:

$$G = \psi \rho_0 b H_1 K L_3 n. \quad (4.61)$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де : ρ_0 - насипна маса гранул;

b і H_1 - ширина і висота нарізки;

L_3 - ширина отвору;

ψ - коефіцієнт заповнення каналу.

Наступні викладки стосуються випадку, коли дозатор відсутній.

Довжина зони плавлення:

$$Z_{\Pi} = \frac{2G}{\rho_0 n b H_1 K}. \quad (4.62)$$

При застосуванні дозатора продуктивність регулюється, проте вона не буде перевищувати значення, обчисленого за наведеною формулою.

Швидкість обертання диска обмежена умовами заповнення каналів нарізки. Знайдемо число обертів n_0 , при яких гранула встигає пройти під дією сил тяжіння шлях, рівний глибині нарізки H_1 за час, який виток знаходиться під отвором воронки:

$$\sqrt{\frac{2H_1}{g}} = \frac{b}{\pi D n_0 \sin \varphi}. \quad (4.63)$$

$$\text{звідки } n_0 = \frac{b}{\pi D \sin \varphi \sqrt{\frac{2H_1}{g}}}. \quad (4.64)$$

З рівнянь одержуємо:

$$b = \sqrt{D \frac{A_1}{A_2}}. \quad (4.65)$$

$$n_0 = \frac{A_1}{b}. \quad (4.66)$$

$$\text{де: } A_1 = \frac{G}{H_1 K L_3 \rho_0 \psi}. \quad (4.67)$$

$$A_2 = \frac{1}{\pi \sin \varphi \sqrt{\frac{2H_1}{g}}}. \quad (4.68)$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахунках слід мати на увазі, що геометричні розміри диска пов'язані залежністю, яка впливає з чисто геометричних співвідношень:

$$D_{\min} \geq \frac{K(b+e)}{\pi \sin \varphi}. \quad (4.69)$$

При розрахунку процес подачі суттєвого впливу не має, тому його не враховують.

При змішуванні потоків напіврозплаву, які поступають з каналів гвинтової нарізки, відбувається деяке зниження температури розплаву і за рахунок виділеної теплоти плавиться частина нерозплавлених частинок.

При цьому середня температура знижується до значення:

$$T_1 = 0,5(T_p - T_{nl}). \quad (4.70)$$

де T_p – температура розплаву, обчислена в останньому модулі плавлення.

Тоді витрата розплаву збільшиться на величину:

$$\Delta G_{p0} = G_p \frac{(i_p - i_1)}{i_1 - i_{BX}} \quad (4.71)$$

Блок-схема алгоритму розрахунку дискового екструдера, таблиця ідентифікаторів програми розрахунку, опис алгоритму та програма розрахунку наведені в Додатку Д.

Висновок: розрахунок дискового екструдера показав, що для переробки полімерів із продуктивністю 200 кг/год (720000 кг/с) від повнен мати діаметр диска 320,0 мм; ширина каналу нарізки 21,6 мм, число обертів диска 103,3 1/хв. (1,72 1/с), потужність двигуна 46,2 кВт. Таким чином врахувавши КПД двигуна $\eta_{дв} = 0,95$, пасової передачі $\eta_{рем.п} = 0,8$, редуктора $\eta_{ред} = 0,9$, муфти $\eta_{муф} = 0,95$, підшипникового вузла $\eta_{підш} = 0,95$, загальний КПД становить $\eta = 0,62$, а потужність двигуна, яка буде забезпечувати запас по потужності, дорівнює:

$$N_{дв} = \frac{N_T}{\eta} = \frac{46,2}{0,62} = 74,5 \text{ кВт.}$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

По каталогу вибираємо електродвигун марки ЧПН 225 9 ГУ4, потужністю 75 кВт, частота обертів якого дорівнює 2000 об/хв. Вибраний електродвигун необхідне число обертів забезпечує.

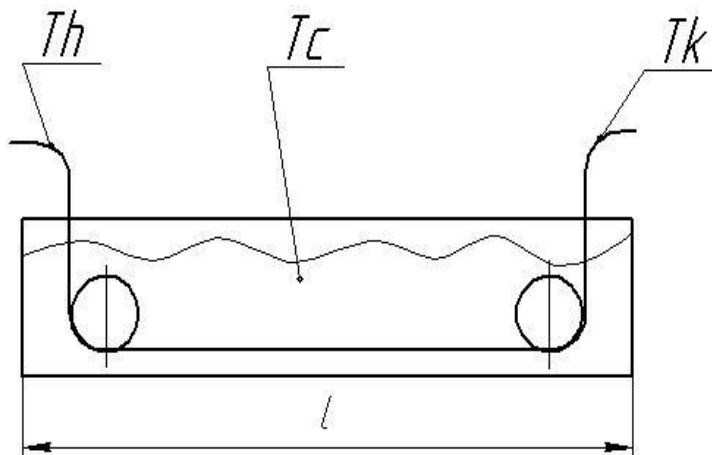
4.2 Розрахунок процесу охолодження стренги

Метою розрахунку є: визначення довжини ванни охолодження.

Вхідні дані:

- внутрішній діаметр стренг d_1 , м	0;
- зовнішній діаметр стренг d_2 , м	0,003;
- діаметр калібруючої втулки d_3 , м	0,0035;
- число вузлів по координаті n	10;
- температура охолоджуючої рідини T_c , °C, (K)	15, (288);
- початкова температура розплаву T_h , °C, (K)	170, (433);
- температура плавлення полімеру T_p , °C, (K)	110, (383);
- теплопровідність втулки λ_{em} , Вт/(м²*К)	30;
- кінцева температура полімеру T_k , °C, (K)	70, (343);
- інтервали апроксимації функції s_1 , °C, (K)	100, (373);
s_2 , °C, (K)	110, (383);
s_3 , °C, (K)	119, (392);

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.5.



На поверхнях контакту полімеру з внутрішньою поверхнею калібруючої втулки ($r = R_2$) та зовнішньою поверхнею калібруючої втулки і водою ($r = R_3$) щільність теплового потоку q одна і та ж, тому згідно хз законами Фурє та Ньютона – Ріхмана граничні умови матимуть вид:

$$\text{при } r = R_2 \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial r_{r=R_2-0}} = \lambda_c \frac{\partial T}{\partial r_{r=R_2+0}}. \quad (4.77)$$

$$\text{при } r = R_3 \quad \lambda_c \frac{\partial T}{\partial r_{r=R_3}} = \alpha_1 (T_{r=R_3} - T_C). \quad (4.78)$$

де: λ_c – теплопровідність стінки калібруючої втулки; α_1 – коефіцієнт тепловіддачі до охолоджуючої втулку рідини; T_C – температура цієї рідини. При охолодженні у ванні $R_2 = R_3$ і гранична умова набуває вигляду:

$$\text{при } r = R_2 \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial r_{r=R_2}} = \lambda \alpha_2 (T_{r=R_2} - T_C). \quad (4.79)$$

де α_2 – коефіцієнт тепловіддачі до рідини у ванні.

Таким чином, рівняння (4.44) - (4.51) є алгоритмом розрахунку процесів калібрування та охолодження.

Блок-схема алгоритму розрахунку процесу охолодження, таблиця ідентифікаторів, опис та програма розрахунку наведені в Додаток Д.

Висновок: в результаті розрахунків процесу термообробки полімерної стренги визначено довжину охолоджуючої зони, яка дорівнює 4,7 м. На основі цього обираємо ванну охолодження відповідної довжини. При цьому з ванни відводиться 28,5 кДж теплоти.

4.3 Розрахунок формуючої головки

Метою розрахунку є визначення різниці тиску між вхідним і вихідним перерізами головки (опір головки) для заданої продуктивності.

Вхідні дані:

- температура розплаву $T, ^\circ\text{C}$, (К) 185, (458);
- густина розплаву при температурі $T=185 ^\circ\text{C}$, ρ , кг/м³ 775;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 24.

$$P_2 = P_1 \exp \left\{ \frac{\pi D f_{II} \Delta L}{bH} \left[\cos(\omega + \varphi) - f \sin(\omega + \varphi) - \frac{f}{f_{II}} \frac{D - 2H}{D} \right] \right\} \quad (4.80)$$
$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{12\mu\Delta z}{F_p H^3} \left(V_z F_d \frac{H}{2} - \frac{G}{\rho b} \right). \quad (4.81)$$

В зоні плавлення потік є двофазним, причому розплав і твердий полімер рухаються окремо.

Якщо вважати, що тиск по поперечному перерізу каналу диска [1] являє собою суму масових витрат твердого полімеру т розплаву і визначається рівнянням:

$$G = \rho_H XHV_{ZT} + \rho(b-X) \left(\frac{V_Z HF_d}{2} - \frac{H^3 F_d}{12\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \right). \quad (4.81)$$

звідки

$$\frac{\partial P}{\partial z} = \frac{12\mu}{H^3 \rho F_p (b-X)} \left[\rho_H XHV_{ZT} + \frac{\rho(b-X)HV_Z F_d}{2} - G \right]. \quad (4.82)$$

Інтегруючи це рівняння від Z_1 до Z_2 і від P_1 до P_2 , одержимо:

$$\Delta P = \frac{12\mu}{H^3 \rho F_p (b-X)} \left[\rho_H XHV_{ZT} + \frac{\rho(b-X)HV_Z F_d}{2} - G \right]. \quad (4.83)$$

В'язкість слід визначати за середнім для даного поперечного перерізу значенням:

$$\mu = \frac{1}{m+1} \sum_0^m \mu. \quad (4.84)$$

Потік розплаву в каналах стренгової головки одномірний, причому інтенсивність дисипації значно менша, ніж в екструдері (відсутні складові швидкості, які викликають циркуляцію в каналі диска, тангенціальні складові течії в зазорах), тому підвищення температури за рахунок дисипації в інженерних розрахунках можна не враховувати і потік вважати ізотермічним. Тоді розв'язок системи рівнянь для каналів простих форм описується загальною формулою:

$$G = \rho K \frac{\Delta P}{\mu}. \quad (4.85)$$

де ΔP - перепад тиску, μ - в'язкість розплаву, яка обчислюється за середніми для каналу значеннями швидкості деформації і температури; K – коефіцієнт геометричної форми, який залежить тільки від форми і розмірів каналу.

Для циліндричного каналу коефіцієнт форми обчислюється за формулою:

$$K = \frac{\pi D^4}{128L}. \quad (4.86)$$

де D – діаметр каналу; L – довжина каналу.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масова витрата через всі канали однакова, густина розплаву ρ визначається за середньою температурою, яка приблизно дорівнює температурі на виході екструдера, а в'язкість μ - за середньою температурою і середньою для кожного каналу швидкістю деформації.

Масова витрата розплаву:

$$G = \rho \frac{Pr}{\sum_{i=1}^0 \frac{\mu_i}{K_i}}. \quad (4.87)$$

Блок-схема алгоритму розрахунку, таблиця ідентифікаторів програми, опис алгоритму і програма розрахунку формуючої головки приведені в Додаток К.

Висновок: розрахунок формуючої головки показав, що її загальний опір дорівнює 8,49 МПа, що не перевищує тиск, створюваний в екструдері, рівним 15 МПа.

4.4 Розрахунок диска на міцність

Диск є основним робочим органом дискового екструдера і від правильного вибору його конструкції значною мірою залежить якість переробки матеріалу і продуктивність машини.

Метою цього розрахунку є перевірка того, чи знаходиться прогин диска в межах конструкційного зазору.

Поряд з розрахунком на міцність, диск перевіряють на жорсткість [15].

На диск діють такі силові фактори:

- осьове зусилля P_{oc} ;
- крутний момент $M_{кр}$;

Базовий варіант розрахункової схеми диска зображено на рисунку 4.7.

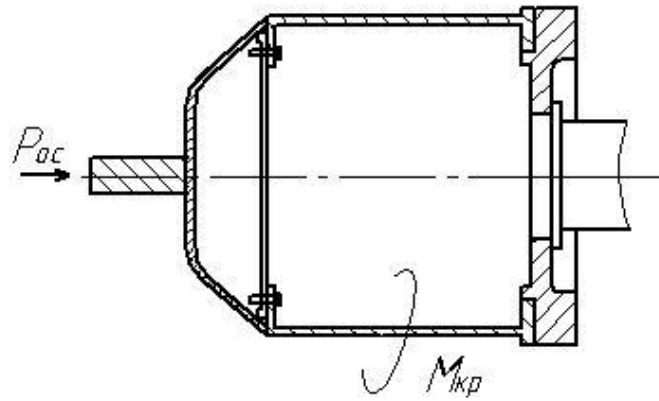


Рисунок 4.7 - Розрахункова схема диска

Матеріал диска – Сталь 40Х ГОСТ 1050-74;

Термообробка: 147...197 НВ;

Визначимо осьове зусилля, що виникає у гвинтовому каналі диска, кН:

$$P_{oc} = P_{ex} \frac{\pi d^2}{4} = 15 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} = 1205,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Перевірка на міцність.

Умова міцності:

$$\sigma = \frac{P_{oc}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{1205,8 \cdot 10^3}{\frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4}} = 15 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$15 \cdot 10^6 \text{ Па} < 150 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується.

Перевірка на стійкість.

Умова стійкості:

$$\sigma = \frac{P_{oc}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\sigma] \varphi_c$$

де $\varphi_c = f(\lambda)$ із графіка [2], $\varphi_c = 0,99965$.

$$[\sigma] \cdot \varphi_c = 150 \cdot 10^6 \cdot 0,99965 = 149,95 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$\lambda = \frac{l_{np}}{i} = \frac{2 \cdot 0,29}{0,07887} = 7,35.$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$l_{np} = 2 \cdot L, \text{м}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{f}} = \sqrt{\frac{\frac{3,14}{64} \cdot 0,32^4}{\frac{3,14}{4} \cdot 0,32^2}} = 0,07887 \text{ м.}$$

$$f = \frac{\pi d^2}{4}, \text{м} - \text{площа поперечного перерізу.}$$

Умова стійкості:

$$\sigma \leq [\sigma] \varphi.$$

$$15 \cdot 10^6 < 149,95 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

В результаті розрахунку ми бачимо що стійкість забезпечено.

Визначимо крутний момент, що діє на диск, $H \cdot \text{м}$:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = \frac{75 \cdot 10^3}{996 \cdot 9,81} = 7,676 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де N – потужність приводу, Вт.

ω – швидкість обертання диска, $\text{м}^2/\text{с}$.

$$\omega = VR = \pi n DR \cdot 60 = 3,14 \cdot 103,3 \cdot 0,32 \cdot \frac{0,32}{2} \cdot 60 = 996 \text{ м}^2/\text{с.}$$

Визначимо максимальне дотичне напруження, що виникає:

$$\tau = \frac{M_{кр.}}{2 \cdot W_{\rho}} = \frac{7,676}{2 \cdot 0,0032} = 1199 \text{ Н}$$

Момент опору, м^3 :

$$W_{\rho} = \frac{\pi d^4}{64 \cdot \frac{d}{2}} = \frac{3,14 \cdot 0,32^4}{64 \cdot \frac{0,32}{2}} = 0,0032$$

Еквівалентне напруження, МПа:

$$\sigma_{ек} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{10^2 \cdot 10^6 + 4 \cdot 0,0129^2 \cdot 10^6} = 10 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова стійкості на кручення:

$$\sigma_{ек} \leq [\sigma]$$

$$10 \cdot 10^6 \text{ Па} < 150 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Умова виконується.

Висновок: в результаті розрахунку видно, що диск витримує тиск, який діє на нього і складає 1205,8 кН. Він не прогнеться і не скрутиться, через те що умови стійкості забезпеченні.

4.5 Розрахунок корпусу на міцність

Мета: перевірка на міцність корпусу.

Вхідні дані:

- розрахунковий внутрішній тиск p , МПа 15;
- товщина стінки корпусу s , м 0,025;
- осьова сила Q , МПа 0,24;
- внутрішній діаметр корпусу; $D_{вн}$, м 0,32;
- зовнішній діаметр корпусу. $D_{зов}$, м 0,366.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.8.

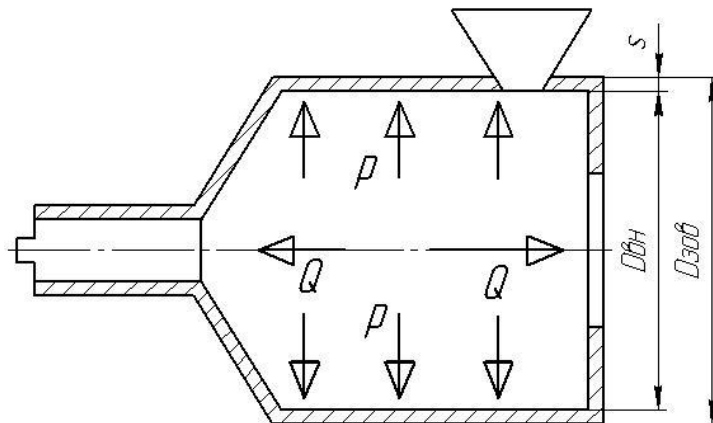


Рисунок 4.8 - Розрахункова схема корпусу

Скористайтесь схемою розрахунку, запропонованою авторами [15].

Корпус являє собою товстостінний циліндр, навантажений внутрішнім тиском P та осьовою розтягуючою силою Q .

Матеріал корпусу – сталь 12X18H10T при температурі $T = 200^{\circ}\text{C}$.

$[\sigma] = 160,0 \text{ МПа}$ [16].

Напруга, що виникає в стінках корпусу від дії внутрішнього тиску, визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{P(D+S)}{2S\phi_R} = \frac{15 \cdot (0,32 + 0,025)}{2 \cdot 0,025 \cdot 1,0} = 103,5 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

де $\phi_R = 1,0$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

Осьова напруга в корпусі:

$$\sigma_z = \frac{Q}{F} = \frac{PR_{\text{BH}}^2}{(R_{\text{H}}^2 - R_{\text{BH}}^2)} = \frac{15 \cdot 0,16^2}{(0,183^2 - 0,16^2)} = 48,7 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

де $R_{\text{H}} = 0,183$ мм – зовнішній радіус корпусу;

$R_{\text{BH}} = 0,160$ мм – внутрішній радіус корпусу..

Загальна сумарна напруга:

$$\sigma = \sigma + \sigma_z = 103,5 + 48,7 = 152,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Допустимий тиск визначається за формулою:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\phi_R S}{(D+S)} = \frac{2 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 0,025}{(0,32 + 0,025)} = 46,4 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$P < [P].$$

$$15 \text{ МПа} < 46,4 \text{ МПа}.$$

Висновок: розрахунок корпусу екструдера на міцність показав, що виникаючі в ньому напруги не перевищують допустимих, тобто $15 \text{ МПа} < 46,4 \text{ МПа}$ - підтвердив його довговічність. $L_H = 1620655871,6 > 150000$ год.

4.6 Розрахунок гільзи на міцність

Мета: перевірка міцності стінок гільзи від дії зовнішнього тиску.

Схема розрахунку зображена на рисунку 4.9.

Вхідні дані:

- товщина стінки гільзи S , м 0,0125;
- внутрішній діаметр D , м 0,28;
- розрахунковий зовнішній тиск в апараті P , МПа 15;
- довжина гільзи l , м 0,29;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

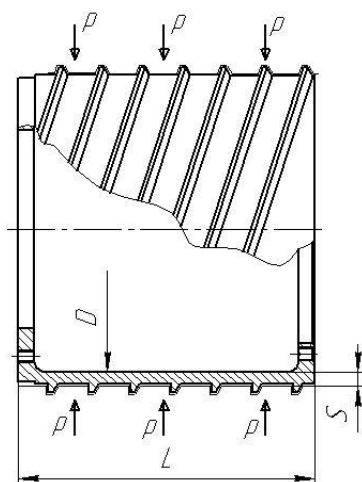


Рисунок 4.9- Розрахункова схема гільзи

Скористаємось алгоритмом розрахунку представленому [15].

Гільза являє собою тонкостінний циліндр, навантажений зовнішнім тиском P . Матеріал корпусу – сталь 40Х при температурі $T = 200^{\circ}\text{C}$, допустиме напруження для сталі дорівнює $[\sigma] = 252,0 \text{ МПа}$ [16].

Допустимий тиск з умови міцності:

$$[P]_{\pi} = \frac{2 \cdot [\sigma] S}{D + S} = \frac{2 \cdot 252 \cdot 0,0125}{0,28 + 0,0125} = 21,5 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$\begin{aligned} [P]_E &= \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E D}{n_y B_1 l} \left[\frac{100 \cdot S}{D} \right]^{2,5} = \\ &= \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,97 \cdot 10^{11}}{1,5 \cdot 1} \cdot \frac{0,28}{0,29} \cdot \left[\frac{100 \cdot 0,0125}{0,28} \right]^{2,5} = 111,0 \cdot 10^6 \text{ Па} \end{aligned}$$

$$\text{де } B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D}{l} \sqrt{\frac{D}{100 \cdot S}} \right\}$$

$E = 1,97 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль поздовжньої пружності [13] для сталі 40Х при температурі $T = 200^{\circ}\text{C}$.

$$B_1 = 9,45 \cdot \frac{D}{l} \sqrt{\frac{D}{100 \cdot S}} = 9,45 \cdot \frac{0,28}{0,29} \cdot \sqrt{\frac{0,28}{100 \cdot 0,0125}} = 4,31.$$

Обираємо $B_1 = 1,0$.

Допустимий зовнішній тиск обчислимо за формулою:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$[P] = \frac{[P]_{II}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{II}}{[P]_E}\right)^2}} = \frac{21,5}{\sqrt{1 + \left(\frac{21,5}{111}\right)^2}} = 21,10 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P < [P].$$

$$15 \text{ МПа} < 21,10 \text{ МПа}.$$

Напруга, що виникає в стінках гільзи від дії зовнішнього тиску, визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{P(D+S)}{2 \cdot S \phi_R} = \frac{15 \cdot (0,28 + 0,0125)}{2 \cdot 0,0125 \cdot 1,0} = 175,5 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

де $\phi_R = 1,0$ – коефіцієнт міцності зварного шва.

$$\sigma < [\sigma].$$

$$175,5 \text{ МПа} < 252 \text{ МПа}.$$

Висновок: розрахунок гільзи екструдера на міцність показав, що виникаючі в ній напруги не перевищують допустимих, тобто

$$\sigma < [\sigma] \quad 175,5 \text{ МПа} < 252 \text{ МПа},$$

$$P < [P] \quad 15 \text{ МПа} < 21,10 \text{ МПа}.$$

4.7 Розрахунок упорного підшипника та підшипника кочення

Метою розрахунку є: визначення довговічності підшипника.

Вхідні дані:

- розміри підшипника: d, м	0,085;
D, м	0,210;
B, м.	0,052;
- коефіцієнт працездатності C, Н.	135*10 ³ ;

Розрахункова схема підшипників представлена на рисунках 4.10, 4.11.

Підшипники кочення є основним видом опор. Вузол підшипника є невід'ємною і дуже відповідальною складовою дискового екструдера. Він сприймає на себе значні зусилля, якими навантажений диск під час роботи, і передає їх на станину.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

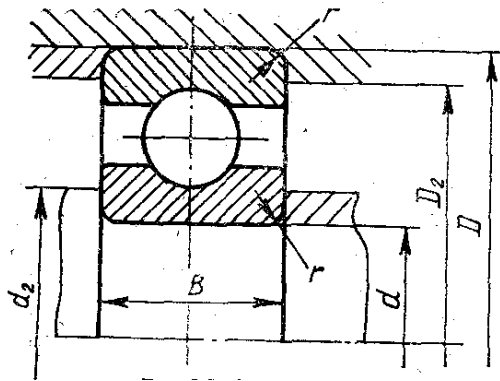


Рисунок 4.10- Розрахункова схема підшипника кочення

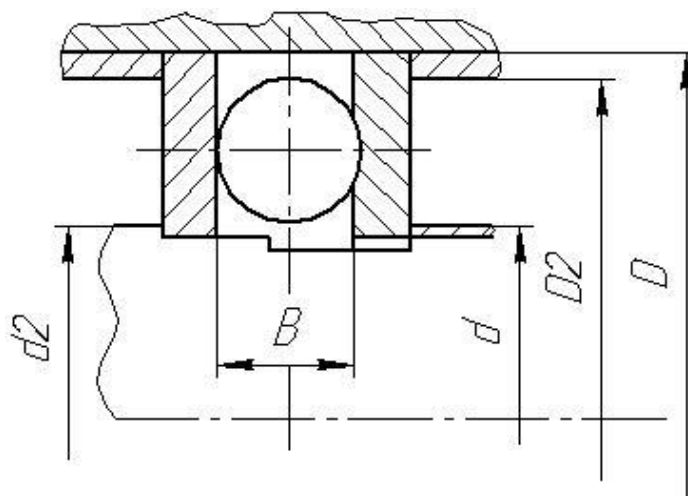


Рисунок 4.11- Розрахункова схема підшипника упорного

Підшипник повинен сприймати значні змінювані у часі зусилля і при цьому мати якомога більший ресурс роботи, оскільки його ремонт потребує суттєвих вартісних затрат і часу. Використовуємо шариковий радіальний однорядний підшипник №315, оскільки він простий та використовується в якості універсальних опор у вузлах, призначений для сприймання радіальних навантажень при високих частотах обертання, [17]

Обчислюємо еквівалентне динамічне навантаження, яке діє на підшипник:

$$P = FS = 1,31 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,085^2}{4} = 6,91 \text{ кН};$$

де $F=1,31$ МПа- тиск формуючої головки;

$S, \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу вала;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Довговічність підшипника:

$$L_H = \frac{10^6}{60} \cdot N \left(\frac{C}{p} \right)^3 = \frac{10^6}{60} \cdot 105 \cdot \left(\frac{174000}{6910} \right)^3 = 27941624461,3 \text{ год} > 150000 \text{ год},$$

де: $C = 174000$ кг – динамічна вантажопідйомність підшипника;

$p=3$ - степеневий показник;

$n=105$ об/хв – максимальне число обертів вала.

Упорні підшипники.

Осьове навантаження, яке діє на вал диска, сприймає упорний підшипник. Встановлюємо роликотпідшипник упорний сферичний №8324 ($d \times D \times B = 120 \times 180 \times 72$) [17].

Розрахунок довговічності підшипника проведемо наступним чином.

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження, що діє на підшипник:

$$\begin{aligned} P &= (F_A + 1,2 \cdot F_{p2}) K_\sigma K_T = (p \frac{\pi d^2}{4} + 1,2 \cdot F_{p2}) K_\sigma K_T = \\ &= 1,31 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,210^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 60 \text{ кН} \end{aligned}$$

де: F_A – осьове навантаження;

$F_{p2} = 0$ – радіальне навантаження;

$K_\sigma = 1,2$ – динамічний коефіцієнт;

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт.

Довговічність підшипника:

$$L_H = \frac{10^6}{60} \cdot N \left(\frac{C}{p} \right)^3 = \frac{10^6}{60} \cdot 105 \cdot \left(\frac{247600}{60000} \right)^3 = 196328802,3 \text{ год} > 150000 \text{ год}.$$

де: $C = 247600$ кг – динамічна вантажопідйомність підшипника [17].

Висновок: Приймаємо $L_H = 150000$ год - довговічність підшипника.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

4.8 Розрахунок шпонкового з'єднання

Мета: перевірка міцності вибраної шпонки на зріз.

За діаметром вала $d = 0,038$ м виберемо згідно з [18] розміри перерізу шпонки $b = 0,012$ м, $h = 0,009$ м. Глибина паза вала $t_1 = 0,0038$ м. Шпонка виготовлена зі сталі 45 з $[\sigma_{\tau}] = 350$ МПа.

Розрахункова схема такої шпонки наведена на рисунку 4.12.

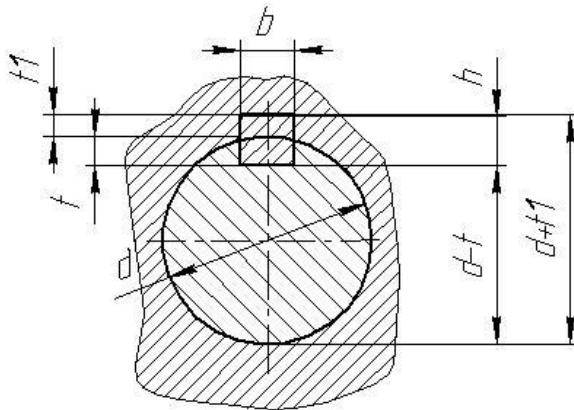


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема шпонки

Алгоритм розрахунку представлений [19].

Найбільш небезпечною деформацією для шпонок і пазів є зминання від крутного моменту T , Н*м:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d l_p (h - t_1)} \leq [\sigma_{зм}]$$

де: l_p – робоча довжина шпонки, м;

T – крутний момент, кН*м;

d – діаметр вала, м;

Знайдемо крутний момент на валу шківа [19]:

$$T = 9550 \cdot \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{75}{2000} = 358 \text{ кНм},$$

де: N – потужність електродвигуна, 75 кН*м;

n – частота обертання, 2000 об/хв.

$$l_p = \frac{2T \cdot 10^3}{d(h-t_1)[\sigma]_{3M}} = \frac{2 \cdot 358 \cdot 10^3}{0,038 \cdot (0,009 - 0,0038) \cdot 120} = 0,030 \text{ м.}$$

Повна довжина шпонки :

$$l = l_p + b = 0,030 + 0,012 = 0,042 \text{ м.}$$

Округливши це значення до найближчого зі стандартного ряду, остаточно одержуємо : $l = 0,045 \text{ м.}$

Перевіримо міцність вибраної шпонки на зріз.

Приймемо допустиму напругу $[\tau]_{зр} = 70 \text{ МПа} :$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{dbl_p} = \frac{2 \cdot 358 \cdot 10^3}{38 \cdot 12 \cdot 30} = 52,3 \text{ МПа} < 70 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: отже, призматична шпонка $12 \times 9 \times 45$ за міцністю підходить для розглянутого з'єднання.

4.9 Розрахунок клинопасової передачі

Метою розрахунку є: знаходження основних конструктивних розмірів шківів.

Вхідні дані:

- потужність двигуна N , кВт 75;
- частота обертання n , об/хв 2000.

Розрахункова схема поверхні ведучого шківа зображена на рисунку 4.13.

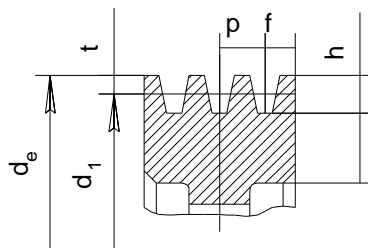


Рисунок 4.13 – Розрахункова схема поверхні ведучого шківа

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Скористайтесь методикою запропонованою [19].

В залежності від розрахункової потужності $P_{\text{дв. р.}} = 75$ кВт і частоти обертання ведучого шківa $n_{\text{дв}} = 2000$ об/хв, вибираємо ремінь нормального перерізу Б.

Діаметр d_1 ведучого шківa слід користуватися рекомендацією $d_1 > d_{\text{min}}$, з метою підвищення строку служби паса. Де d_{min} – мінімальне значення діаметрів шківів для передбачення найбільшого моменту, $d_{\text{min}} = 90$ мм, тоді приймаю $d_1 = 125$ мм. [19]

Визначаємо колову швидкість, м/с і порівнюємо її з допустимою для цього паса:

$$v = \pi d_1 n_1 / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 125 \cdot 2000 / 60000 = 13,083 \text{ м/с}$$

Розраховуємо діаметр веденого шківa, мм:

$$d_2 = U d_1 (1 - \xi) = 1,04 \cdot 125 \cdot (1 - 0,015) = 128,05 \text{ мм}$$

де: U – передаточне число пасової передачі;

ξ – коефіцієнт потужного ковзання паса $\varepsilon = 0,015$

По [20] округляємо до найближчого значення і приймаємо $d_2 = 140$ мм.

Уточнюємо передаточне число:

$$U' = d_2 / d_1 (1 - \xi) = 140 / 125 \cdot (1 - 0,015) = 1,1032$$

Визначаємо відносну похибку передаточного числа за формулою:

$$\Delta = \left| \frac{u' - u}{u'} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{1,1032 - 1,04}{1,1032} \right| \cdot 100\% = 4,729\%$$

Знаходимо фактичну частоту обертання веденого шківa:

$$n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{2000}{1,04} = 1923 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо орієнтовно міжосьову відстань, мм:

$$a' = k d_2 = 1,5 \cdot 140 = 210 \text{ мм}$$

де: приймаємо $k = 1,5$.

При цьому має виконуватися умова:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$2 \cdot (d_1 + d_2) \geq a' \geq 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + h$$

де: a – міжосьова відстань;

h – висота перерізу паса (табл. 3.9 [1]) $h = 10,5$ мм

$$2 \cdot (125 + 140) \geq 210 \geq 0,55 \cdot (125 + 140) + 10,5$$

$$530 > 210 > 156,25$$

Умова виконується.

Визначаємо розрахункову довжину паса, мм:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} =$$

$$= 2 \cdot 210 + \frac{3,14 \cdot (125 + 140)}{2} + \frac{(140 - 125)^2}{4 \cdot 210} = 836$$

Приймаємо стандартне значення $L = 800$ мм

Визначаємо число пробігів паса:

$$U = v / l \leq [v]$$

де: $[v]$ – допустиме число оборотів паса, 15 c^{-1}

$$U = 13,083 / 800 = 0,016 \leq [v] = 15 \text{ c}^{-1}$$

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = [2L - \pi(d_1 + d_2) + ((2L - \pi(d_1 + d_2))^2 - 8(d_2 - d_1)^2)^{1/2}] / 8 = 270 \text{ мм}$$

Визначаємо потрібну кількість пасів:

$$z' = P_1 / P_0 / C_p / C_\alpha / C_L / C_z = 75 / 6,44 / 4,09 / 0,92 / 0,86 / 0,9 = 4,05$$

де: P_1 – потужність, кВт.

P_0 – допустима номінальна потужність (кВт) для одного клинового паса залежно від перерізу, діаметра ведучого шківа d_1 та його швидкості V , $P_0 = 6,44$.

C_α – коефіцієнт кута обхвату, $C_\alpha = 0,92$;

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_1 - коефіцієнт, що враховує вплив на довговічність довжини паса залежно від відношення розрахункової довжини паса L_0 ; $C_1 = 0,86$;

C_p - коефіцієнт динамічності та режиму роботи передачі, $C_p = 0,92$;

C_Z - коефіцієнт, що враховує кількість пасів у комплекті клинопасової передачі, $C_Z = 0,9$.

Висновок: Кількість пасів дорівнює 4 шт., довжиною 800 мм.

4.10 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета: розрахувати діаметр болтів, їх кількість і розміри елементів фланця.

Вихідні дані :

робочий тиск p , МПа 15;

внутрішній діаметр фланця D_B , м 0,32;

середній діаметр ущільнення (прокладки) D_{Π} , м 0,34;

зовнішній діаметр зварного шва на фланці D_{Γ} , м 0,31.

Розрахункову схему фланцевого з'єднання зображено на рисунку 4.11.

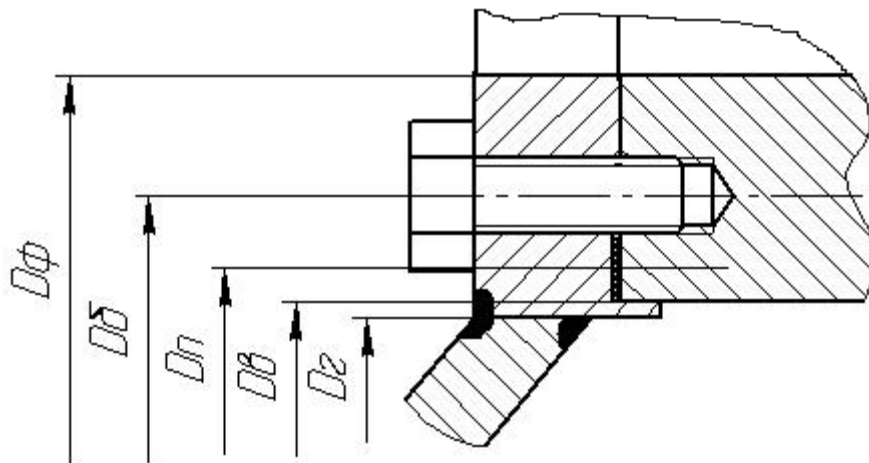


Рисунок 4.14 - Розрахункова схема фланцевого з'єднання

Скористаємось методикою запропонованою авторами [19].

Основною вихідною величиною при розрахунку болтів є розрахункове розтягуюче зусилля. При робочих умовах розрахункове розтягуюче зусилля в болтах визначається по формулі [19]:

$$p_6 = \frac{\pi D_{\Pi}^2}{4} p + p_{\Pi} = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} \cdot 15 + 0,132 = 1,57 \text{ МПа.}$$

де: p_{Π} – розрахункова сила осевого стискання ущільнюючих поверхонь в робочих умовах, необхідна для забезпечення герметичності, МН.

Розрахункову силу стискання прокладки прямокутного перерізу обчислюється по формулі:

$$p_{\Pi} = \pi D_{\Pi} b k p = 3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,012 \cdot 1 \cdot 15 = 0,198 \text{ МН.}$$

де: $b = 0,012$ – ширина прокладки, м.

$k = 1$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу та конструкції матеріалу прокладки.

Діаметр болтового кола приблизно обчислюється за формулою:

$$D_6 = (1,0 - 1,2) D_B^{0,933} = 1,0 \cdot 0,33^{0,933} = 0,355 \text{ м.}$$

Розрахунковий діаметр болтів:

$$d_6 = \frac{D_6 - D_r}{2} - 0,006 = \frac{0,355 - 0,31}{2} - 0,006 = 0,016 \text{ м.}$$

і округлюємо в меншу сторону до ближнього стандартного розміру. Приймаємо $d_6 = 0,014 \text{ м.}$

Число болтів обчислюють за формулою:

$$z = \frac{P_6}{\sigma_d F_6} = \frac{1,57}{125 \cdot 0,000673} = 19$$

де: $F_6 = \pi R^2$ – площа поперечного перерізу вибраного болта по внутрішньому діаметру різьби, м^2 .

$\sigma_d = 125 \text{ Мн/м}^2$ – допустиме напруження на розтягування в болтах.

Розрахункове число округляємо до ближнього числа, кратному чотирьом. Приймаємо $z_6 = 18$.

Зовнішній діаметр фланця:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$D_{\phi} = D_{\delta} + (1,8 \div 2,5)d_{\delta} = 0,355 + 1,8 \cdot 0,014 = 0,380 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_{\phi} = 0,400 \text{ м.}$

Для розрахунку висоти плоского фланця попередньо обчислюють наступні величини:

Приведене навантаження на фланець при робочих умовах:

$$p = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_{\text{в}}} \left[p_{\delta} \frac{D_{\text{в}}}{D_{\delta}} \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\text{п}}} - 1 \right) + \frac{\pi D_{\text{п}}^2}{4} p \left(1 - \frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{п}}} \right) \right]$$

$$p = \frac{0,4}{0,4 - 0,32} \left[1,57 \cdot \frac{0,32}{0,36} \left(\frac{0,36}{0,34} - 1 \right) + \frac{3,14 \cdot 0,34^2}{4} \cdot 15 \cdot \left(1 - \frac{0,32}{0,34} \right) \right] = 0,81 \text{ МН}$$

Допоміжну величину Φ при робочих умовах:

$$\Phi = \frac{p}{\sigma_{\text{т}}} \psi_1 = \frac{0,81}{240} \cdot 1,1 = 0,00371 \text{ м}^2.$$

Допоміжна величина A :

$$A = 2 \cdot \psi_2 \delta^2 = 2 \cdot 5 \cdot 0,04^2 = 0,016 \text{ м}^2.$$

де: $\sigma_{\text{т}} = 240 \text{ МН/м}^2$ – границя текучості матеріалу фланців при робочій температурі.

$\delta = 0,04 \text{ м}$ – товщина обичайки, що з'єднує фланець.

Коефіцієнти ψ_1 та ψ_2 обчислюються із графіка [19].

Висоту фланця h обчислюють по формулам:

$$h = 0,5 \sqrt{\Phi} = 0,5 \cdot \sqrt{0,00371} = 0,0305 \text{ м.}$$

$$h = 0,27 \sqrt[3]{D_{\text{в}} \Phi} = 0,27 \cdot \sqrt[3]{0,32 \cdot 0,00371} = 0,0286 \text{ м.}$$

Приймаємо із двох випадків більше значення, $h = 0,0305 \text{ м.}$

Висновок: в результаті розрахунку видно, що для з'єднання нам потрібно 18 болтів М16 діаметром $d_{\delta} = 0,014 \text{ м.}$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях

Високі темпи науково-технічного прогресу вносять свої суттєві поправки в усі галузі виробництва, значно міняючи всі процеси і схеми виробництв, які створювались і формувалися протягом років. Внаслідок цього зміни технологій породжують нововведення в трудовому процесі і докорінно трансформують умови праці. Будь-які зміни у виробництві викликають необхідність у аналізі і дослідженні вірогідних небезпек і шкоди від нового трудового процесу. Обов'язковим завданням є створення і впровадження методів мінімізації поганого впливу на життя і здоров'я обслуговуючого персоналу і всіх працюючих.

В магістерській дисертації на тему: "Розробка екструдера для модернізації лінії виробництва полімерних гранул" розроблена технологічна схема виробництва полімерних гранул. Оператор - людина, яка обслуговує установку. Його робочий простір - те ж приміщення, в якому знаходиться апарат. Установка виробництва полімерних гранул розташована в кімнаті, яка має довжину 35 м, ширину 9 м, висоту 5 м (1575 м^3). Можна виокремити наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які стосуються робочого простору, де стоїть установка:

- повітря робочої зони
- небезпека ураження електричним струмом;
- виробничий шум, вібрації
- виробниче освітлення;
- вибухопожежо небезпека;
- надзвичайні ситуації.

Проаналізуємо шкідливі і небезпечні виробничі фактори робочого місця оператора.

Повітря робочої зони

Опираючись на прийняту технологічну схему досліджувана кімната не має надлишкового тепловиділення, тобто $Q < 20 \text{ ккал/год м}^3$ або $Q < 23.27 \text{ Дж/с м}^3$. Праця оператора оцінюється, як важка фізична праця про що свідчить той

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

факт, що обладнання працює з умовами шуму і пилу. Витрати енергії при таких умовах роботи становлять вище 293 Дж/с. Внаслідок цього має бути передбачене місце для відпочинку працюючого в закритому приміщенні.

Характеристики повітря робочого простору наведені в таблиці 5.1, де теж приводяться оптимальні умови праці.

Таблиця 5.1 – Фактичні характеристики повітря робочого простору

Пора року	Категорія роботи	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість потоку повітря, м/с
Осінь-зима	Легка I	18-21	40-75	0,2
Літо-весна	Легка I	20-24	40-68	0,2

Параметри наведені вище підтримуються. Для дотримання температурних вимог в холодну пору вмикається водяне опалення (температура теплоносія 70-90 °C) , а в теплу пору - вентиляція.

При виробництві полімерних гранул з розплаву при температурі 120° C виділяються формальдегіди, ацетальдегіди, ацетон, метиловий спирт, кетони, монооксид і діоксид вуглецю. ГДК кожного компонента в повітрі не повинна перевищувати 2 мг/м².

Для дотримання всіх вимог використовуємо промислову вентиляцію. При проектуванні штучної (механічної) вентиляції, яка призначена для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологи та інших шкідливих виділень необхідно приймати розрахункові параметри згідно з СНиП2.04.05-86.

Промислова вентиляція легко усуває леткі продукти наведені в таблиці 5.2, що виникають з пластмаси під дією тепла.

Таблиця 5.2 - Концентрація шкідливих речовин

ОВПФ	ПДК, мг/м ³	Токсикологічна характеристика, дія на організм	Клас небезпеки	Принцип методу	Діапазон концентрацій, мг/м ³	Специфічність методу
1	2	3	4	5	6	7
Ацетальдегід	0,2	-	II	Тонкошарова хроматографія, визначення ацетальдегіду в тонкому шарі силікагелю в системі хлороформ-ацетон. Для ідентифікації виділеної зони ацетальдегіду викори-стана реакція з пірокатехіном в середовищі сірчаної кислоти з утворенням фарбованого хиноїдного з'єднання. Чутливість в проаналізованому об'ємі розчину 5 мкг.	-	Визначенню не заважають інші пестициди
Метиловий спирт	5,0	Небезпечний при потраплянні через непошкоджену шкіру	II I	Газохроматографічний: на приборі ДП, колонка - полісорб-1, рідка фаза - ацетон, час утримання - 4 хв.	Від 0,2 до 2,0	Визначенню не заважають формальдегід, граничні і неграничні вуглеводні, спирти жирного ряду, феноли

Продовження таблиці 5.2 - Концентрація шкідливих речовин

1	2	3	4	5	6	7
Формальдегід	0,5 0,05	Небезпечний при потраплянні через непошкоджену шкіру, потрібна спеціальний захист шкіри та очей; здатний викликати алергійні захворювання; має гостро-направлений механізм дії	П І	Фотометричний: Реакція з феніл-гіدразином в присутності феррицианіду калію в лужному середовищі, $\lambda=520$ нм Реакція з ацетилацетоном, $\lambda=412$ нм	Від 0,07 до 3,7 Від 0,25 до 3,0	Визначенню не шкодить метанол, фенол, аміак, фурфурол, циановодень Визначенню не шкодять альдегіди, спирти, фенол, ацетон, аміак, мурашина кислота та ін. з'єднання

Для того, щоб концентрація в повітрі летких продуктів не перевищувала допустимої норми встановлюється місцева вентиляція.

Для місцевої вентиляції обрано вентилятор МЦ-5 (продуктивність $L_{\min}=600\text{м}^3/\text{год}$), кількість обертів $n=1410$ об/хв; загально-обмінна вентиляція забезпечується вентилятором МЦ-6, $n=1410$ об/хв (продуктивність $L_{\min}=800\text{м}^3/\text{год}$), кратність повітрообміну $k=3$.

При розрахунку механічної вентиляції важливо визначити найоптимальніший метод перешкоджання створенню і розвитку і ліквідації високих токсичних, вибухо- або пожежонебезпечних концентрацій пароповітряної комбінації (вентиляція); знаходження показника необхідної кількості кисню для обмінної вентиляції, спираючись на відому кратність обміну повітря в кімнаті, концентрації небезпечних складових, які відбираються з робочого простору. Фактичні концентрації рівні $0,8 \text{ мг/м}^2$ і відповідають ГОСТ 12.1.005-98.

Прогноз і оцінка хімічної обстановки при аварії на хіміко-небезпечних об'єктах (ХНО).

Орієнтовна зона хімічного зараження зображена на рисунку 5.1.

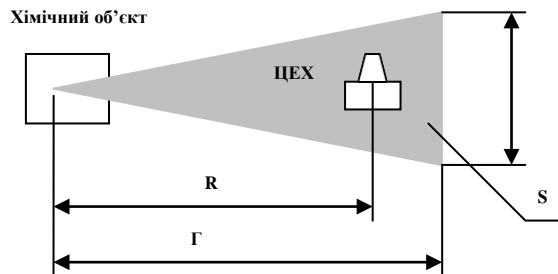


Рисунок 5.1 - Прогнозована зона хімічного ураження.

Метою даного розрахунку є оцінка ХО в області виробничого цеху, що може відбутися внаслідок аварії на ХНО та дії вітру в сторону цеху.

Вихідні дані

Відстань від цеху до ХО – 2,5 км.

Тип і маса НХР – фосген, 5 тонн.

Ємність з НХР обвалована.

Ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія.

Швидкість приземного вітру – 2 м/с.

Характер місцевості між цехом і ХНО – відкрита.

Забезпеченість робітників протигазами – 80%.

Розв'язання

1. Визначення розмірів ЗХЗ.

Глибина ЗХЗ розраховується за формою

$$\Gamma = \Gamma_{\text{табл}} \cdot \frac{K_v}{K_{\text{обв}} \cdot K_{\text{місц}}}$$

Оскільки глибина ЗХЗ ($\Gamma_{\text{табл}}$): $\Gamma_{\text{табл}} = 23$, для обвалованої ємності $K_{\text{обв}} = 1,5$, для невідкритої місцевості $K_{\text{місц}} = 3,5$ і для швидкості вітру – 2 м/с при інверсії $K_v = 0,6$, отримуємо наступний результат

$$\Gamma = 23 \cdot \frac{0,6}{1,5 \cdot 3,5} = 2,6 \text{ км}$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина ЗХЗ для інверсії: $III = 0,2 \cdot \Gamma = 0,2 \cdot 2,6 = 0,52 \text{ км}$

Площа ЗХЗ: $S = 0,5 \cdot \Gamma \cdot III = 0,5 \cdot 2,6 \cdot 0,52 = 0,68 \text{ км}^2$

Якщо глибина ЗХЗ - 2,6 км, а відстань до НХО - 2,5 км, то виробництво знаходиться в ЗХЗ.

2. Вирахування часу наближення хмари зараженого повітря до цеху.

Час наближення зараженої хмари до цеху рахуємо по формулі:

$$t_{\text{набл}} = \frac{R}{W}.$$

Показник середньої швидкості руху переднього фронту хмари для даних вихідних значень $W=10 \text{ км/год}$.

Тоді при $R=2.5 \text{ км}$:

$$t_{\text{набл}} = \frac{R}{W} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ год} = 15 \text{ хвилин}.$$

За 15 хвилин після аварії територія цеху буде починати піддаватись зараженню.

3. Час зараження цеху:

$$t_{\text{зп}} = t_{\text{зп.табл}} \cdot K_{\text{ув}}$$

Відомо, що для фосгену в обвалованій ємності $t_{\text{зп.табл}} = 23 \text{ год}$.

При швидкості вітру - 2 м/с - $K_{\text{ув}} = 0,7$.

Таким чином $t_{\text{зп}} = 23 \cdot 0,7 = 16,1 \text{ год}$.

Час зараження території розміщення цеху буде протягом 16,1 год.

4. Знаходження можливих втрат обслуговуючого персоналу.

Для наших вихідних даних, визначаємо, що вірогідність зараження:

14% персоналу, що знаходиться всередині приміщення;

25% персоналу, які знаходяться чи працюють на території на відкритому повітрі.

Результат розрахунків дає змогу підвести підсумок: оптимальний метод захисту персоналу - це їх евакуація в безпечне місце. Насамперед потрібно спроектувати план евакуації персоналу і виділити усім працюючим (100 %) протигази.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Евакуація при аварії чи при її прогнозування - це найбільш надійний метод захисту працюючих від небезпечних наслідків. Єдиний недолік цього способу - необхідність додаткового часу, а його відсутність може спричинити непоправні наслідки, найстрашніший з яких - ціною в людське життя.

Небезпека ураження електричним струмом.

Приміщення підприємства виробництва полімерних гранул за класифікацією правил установки електрообладнання належить до приміщень з підвищеною небезпекою враження персоналу електричним струмом.

З метою живлення складальних одиниць обладнання подається трифазна напруга 220/380 В з частотою 50 Гц, (з ізолюваною нейтраллю).

До причин ураження персоналу струмом можна віднести такі :

- неправильне вмикання обладнання;
- замикання в екструдері;
- дотик оператора до незахищених струмовивідних частин обладнання;
- знос ізоляції;

Методи захисту від ураження електричним струмом

1. Всі провідники електричного струму ізолювані.
2. Загальний опір заземлених електроустановок $R_{\text{заг}}=3,8$ Ом.
3. Рубильники включення-виключення обладнання розташовані в спеціальній шафі;
4. Спрогнозувати спеціальне захисне вимкнення електродвигунів в рахі дії напруги на людину;
5. Дроти підводити в захисних металевих рукавах;
6. На панель керування вивести сигнальні лампи індикації включення електроустаткування;
7. Елементи обладнання, які могли б бути під напругою, оснащені затисками для проведення заземлення;
8. Біля затисків заземлення нанести незмивні червоні знаки "Земля".
9. Перевірка електричної міцності ізоляції на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц проводиться на протязі 1 хвилини.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

10. Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

11. Електрична апаратура, що знаходиться в цеху із степінню захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Небезпечними одиницями, які знаходяться під дією високих температур в обладнанні є:

- диску екструдера, насосу;
- двигуна.

Оптимальний метод захисту від дії високих температур - покриття поверхонь, які гріються, ізоляційним шаром, що виготовлений з мінеральної вати марка 300 ГОСТ 4640-76.

Небезпека впливу частин обладнання, що рухаються

Небезпечними у даному випадку є вали диска та насосу, що обертаються (зазори між ними); стрічковий конвеєр.

При знаходженні в зонах травмо-небезпечних місць, від оператора потрібна підвищена увага..

Виробниче освітлення

У виробничих приміщеннях при виконанні робіт 1-4 розрядів використовується, як правило, комбінована система, освітлення, оскільки досягнення необхідної освітленості при загальній системі освітлення вимагає значних витрат електричної енергії і є недоцільним. З цієї ж точки зору слід надавати перевагу локалізованому, загальному освітленню, в тому числі і в системі комбінованого, витримуючи при цьому допустимі норми нерівномірності освітлення.

Нормативна освітленість E_n -300 лк.

Встановлені світильники з лампами ДЛР-400, світловим потоком $\Phi=19000$ лм (для даного приміщення три ряди). Загальна кількість ламп в приміщенні 48.

Фактична освітленість E_f -320, що відповідає ДБН В.2.5-28-2006

Пожежна безпека

На лінії виробництва полімерних гранул, категорія приміщення В,

Причини, які можуть спричинити пожежу, найпоширеніші такі:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спалах ізоляції проводки;
- коротке замикання;
- поломка обладнання;
- користування вогнем в недозволеному місці.

Методи запобігання загорання:

- виконання всіх норм та правил експлуатації;
- дотримання вимог користування відкритим вогнем;
- паління в приміщенні заборонене;
- вчасний інструктаж по техніці безпеки серед працюючих;
- агітаційні заходи щодо протипожежної безпеки;
- наявність сигналізації.

На підприємстві виробництва полімерних гранул горючими речовинами є: полімери і мастило, яким змазуються обертові частини конструкції.

Пожежні характеристики небезпечних речовин, матеріалів:

Мастило:

- Температура займання 300°C;
- температура самозаймання 370.

Полімер не є вибухонебезпечним матеріалом, відноситься до не горючих матеріалів, тому технологічний процес виробництва полімерних гранул відноситься категорії В.

В разі виникнення пожежі встановлені датчики-сповіщувачі, які спрацювують при підвищенні температури до 89 °C.

1. Робота установки допускається при наявності в цеху вентиляції і пристроїв для видалення і нейтралізації шкідливих речовин, що виділяються при переробці вихідної сировини.

2. Перед початком роботи установки необхідно перевірити наявність усіх заземлень.

3. Шафа керування приводом закрита.

4. Температура нагрівання зовнішніх поверхонь корпусу, доступних до-
тику з людиною не більше 45°C.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Підходи до електроприводів, пульта і шаф вільні.
6. Працювати необхідно в спецодязі.
7. На випадок можливого самозаймання необхідно мати засоби гасіння.
8. Рівень шуму, вимірюваний при роботі установки, не перевищує 75 Дб на частоті 1000 Гц.
9. Доторкатися до розплаву полімерів можливо тільки у рукавицях типу АТВ ДСТ 12.4.010-75
10. Під час роботи лінії категорично заборонено:
 - проводити ремонтні роботи;
 - опускати руки в бункер-дозатор;
 - знімати огороження з обертових частин.

Відповідно до закону про охорону праці і національної програми по охороні праці, виробничі будівлі, споруди, устаткування, технологічні процеси відповідають вимогам, що забезпечують безпечні умови праці.

Проектовані машини й механізми відповідають вимогам по техніці безпеки і виробничої санітарії. Адміністрації підприємств зобов'язані забезпечити належним технологічним устаткуванням усі робочі місця і створити на них умови роботи відповідно правилам по охороні праці.

Даний розділ дипломного проекту ставить своєю задачею проаналізувати й розробити наступні питання, що виникають при проектуванні лінії по виробництву полімерних гранул:

- санітарно-гігієнічні заходи;
- електробезпечність технологічних процесів і устаткування;
- пожежна безпека;
- безпечне використання підйомно-транспортних машин.

6. Рекомендації по монтажу та експлуатації

6.1 Підготовка до монтажу

Необхідно до початку монтажу лінії організувати комісію з представників замовника, розробника документації, заводу-виробника та монтажної організації. Комісія повинна визначити готовність об'єкта до монтажу лінії, при цьому перевіряє: якість фундаментів та наявність документів про прийомку фундаментів (акт на скриті роботи).

Дотримання правил зберігання обладнання до його монтажу.

Справність упаковки обладнання.

Готовність приміщення, де буде монтуватись обладнання.

Наявність підйомно-транспортного обладнання вантажопідйомністю 2 т.

Результати обстеження будівельного об'єкта оформлюються актом з висновками про готовність об'єкта до монтажу.

Доставити до монтажу лінію в упакованому вигляді (згідно з кресленнями заводу-виробника).

Розпаковку обладнання виконувати в присутності представника заводу-виробника. Виявлені порушення упаковки знімають відповідальність з заводу-виробника за гарантію комплектності та справність обладнання, що знаходиться в пошкодженій упаковці.

Перевірити комплектність розпакованої лінії згідно з упаковочним листом. Стан лінії та її комплектність оформлюється двохстороннім актом та підтверджується головним інженером заводу-виробника.

Провести розконсервацію лінії.

Перед монтажем лінії обслуговуючому персоналу необхідно ознайомитись з конструкцією лінії, електричними схемами, схемами строповки та дійсним паспортом.

6.2 Монтаж

Лінія повинна монтуватись на першому поверсі або міжповерховому перекритті, що допускає навантаження, відповідне масі лінії. Строповку машин лінії при монтажі виконувати згідно схем строповки, наведених на кресленні

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машин. Екструдер дисковий та гранулятор встановити на фундамент згідно складальному кресленню лінії. Горизонтальність установки вивіряється рівнем в вказаних місцях на складальному кресленні лінії місцях. Виконати монтаж електрообладнання згідно з схемою електричною підключення. Для прокладки електричних трас до шкафа управління, пульта управління, до системи вимірювання та регулювання температури, дисковому екструдеру, гранулятору та ванні повинні бути передбачені траншеї або кабельні канали. Провести подачу та відвід охолоджуючої води згідно складальних креслень. Над зоною виділення летучих газів на висоті 200-300 мм від стренгової головки встановити витяжний зонт. Після закінчення монтажу оформлюється акт готовності лінії до пуско-налагодочних робіт.

6.3 Запуск в експлуатацію

Перевірити кріплення всіх машин та вузлів лінії.

Перевірити натяг клинових ременів гранулятора та дискового екструдера.

Перевірити кріплення всіх щитків та огорожень.

Встановити по лімбу мінімальний зазор екструдера рівний 0.3 мм та зафіксувати його з допомогою обмежувальної гайки механізму регулювання зазора.

Перевірити наявність змазки в редукторах та варіаторах.

Заповнити ванну водою.

Перевірити наявність води в водяній комунікації.

Перевірити відсутність сторонніх предметів в завантажувальному бункері дис-кового екструдера.

Перевірити якість установки перетворювачів термоелектричних згідно з заводською інструкцією на монтаж.

Виставити задатчики температури регулюючих приладів в системі контролю та регулювання температури згідно з потрібним технологічним регламентом. Провести завантаження живильника матеріалом. Інструкція з наладки електричної частини.

Перед початком наладки попередньо перевірити:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

візуальним контролем та “прозвонкою” монтаж шкафів, пульта управління, зовнішніх з'єднань, опір ізоляції проводів мегаомметром на 1000 В згідно з ПТЕ, уставки теплових реле та уставки розцеплювачів автоматів, розрахункові уставки опорів, наявність напруги на джерелах живлення, кріплення проводів під гвинтами та пайкою, відповідність маркувань по схемі на панелях та пульті управління, відповідність встановленої апаратури та апаратури на схемах.

Регулюючі та вимірюючі прилади перевірити згідно з інструкціями на монтаж та експлуатацію, доданим заводом-виробником.

Після перевірки ввімкнути живлення схеми та перевірити прилади та апарати при ввімкненні напруги: прилади згідно з інструкцією на експлуатацію, апарати – на спрацювання.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні машин і апаратів для хімічної промисловості варто мак-симально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів, ряд машин і апаратів уні-фіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні пара-метрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів роз-роблені ГОСТи.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і де-талей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремо-нту, експлуатації і переходу при необхідності на нові режими роботи.

Конструкція екструдера уніфікована, тобто вона дозволяє проводити процес переробки різних видів полімерів та їх сумішей.

Рівень стандартизації достатньо високий, оскільки в машині використо-вуються стандартні деталі та складальні одиниці.

Рівень стандартизації та уніфікації характеризується коефіцієнтом засто-сованості по деталям і він визначається згідно методичних вказівок РД-33-74, затверджених держстандартом України.

Коефіцієнт застосовності по деталям визначається за формулою:

$$K_{\text{пп}}^D = \frac{N - N_0}{N} 100\% = \frac{9 - 2}{9} \cdot 100\% = 77\%$$

де N – загальна кількість деталей, N₀ – кількість оригінальних деталей у вузлі.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розроблення стартап - проекту каскадного дисково-шестеренного екструдера

8.1. Опис ідеї проекту

Хімічні та фізичні властивості полімерів, особливо в складі композитів (як зв'язуючого) зумовлюють їх перевагу, навіть над таким стійким і надійним матеріалом, як метал. Тому полімери широко застосовуються в багатьох галузях виробництва.[]

Внаслідок того, що обсяг виробництва полімерних виробів в Україні зростає з кожним роком, досить важливим питанням є збільшення конкурентоспроможності виготовленої продукції в порівнянні з країнами Західної Європи та Азії.

Тому виробництво полімерів та обладнання для їх переробки є актуальним і проблемним питанням, яке вимагає постійної уваги до себе.

Основним показником якості майбутнього виробу з полімеру є якість гранул, з яких буде виготовлятися вироби і легуючих добавок, що становлять 2% і є дорогою сировиною. Сировина для полімерних гранул в Україні не виготовляється.

Якість готових полімерних гранул в свою чергу залежить від рівномірного розподілу компонентів суміші в об'ємі матеріалу, тобто якості змішування при проведенні процесу.

Екструдери - найбільш поширене та ефективне обладнання у технології виробництва полімерних гранул. Особливо ефективними, зручними у обслуговуванні і продуктивними є каскадні дисково - шестеренні екструдери.

У таблиці 8.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8. 1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Інноваційна бізнес-ідея полягає у проектуванні обладнання для виготовлення полімерних гранул, в склад яких будуть входити будь-які легуючі добавки.	1. Створення інноваційного обладнання для власного підприємства з переробки полімерів	1. Покупка обладнання, яке не мало аналогів раніше і вражає показниками своєї ресурсоенергоефективності. Нове обладнання значно вищої продуктивності з меншими витратами сировини
	2. Створення модернізованого обладнання орієнтованого на продаж для закордонних суміжних підприємств.	2. Повністю автоматизований і безпечний процес виготовлення, що дозволяє зменшити кількість працівників для обслуговування даного обладнання.
	3. Постачання деталей власного виготовлення для екструдерів для виробників.	3. Можливість покращити показники вже діючих ліній виробництва в короткі терміни.
	4. Виробництво полімерних гранул орієнтоване на українського споживача.	4. Продукт, що в порівнянні з аналогами має значно кращі характеристики (стійкість до дії сонця, довший термін служби, техніка вимішування в масі - кращі фіз.-хімічні параметри)

Пропонується нова конструкція каскадного дисково-шестеренного екструдера, яка дає змогу забезпечити при сталій продуктивності максимально ефективно змішування. Нове обладнання орієнтоване на забезпечення ресурсо-

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

енергозбереження, а, як відомо, це питання гостро постає, як в Україні, так і в країнах Європи і Азії. Завдяки максимальній автоматичності процесів в обладнанні є можливість заощадити на робочій силі і ресурсах, не зменшуючи при цьому обсягів виробництва.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів: визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї; визначено попереднє коло конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку; проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають гірші значення (W, слабкі), аналогічні (N, нейтральні), кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
	Мій проект	Екструдер Shini	Екструдер Zerma	Екструдер Gefran			
Вартість обладнання, грн	100000	100000	65000	120000	–	+	–
Витрата електроенергії, кВт/год	20	18,5	20	22	–	+	–
Продуктивність, кг/год	200	200	100	140	–	–	+
Вихід бракованої продукції, кг/год	2,5	5,8	8,3	3,2	–	–	+
Індекс змішування	0,98	0,95	0,93	0,96	–	–	+

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Основною конкурентною перевагою проекту є покращення змішування та висока продуктивність обладнання.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Полімери застосовуються в багатьох галузях народного господарства, як бюджетний матеріал. Однак полімери в чистому вигляді рідко застосовуються, внаслідок їх нижчих механічних характеристик в порівнянні з наповненими стабілізаторами, барвниками, наповнювачами та іншими компонентами, які поліпшують властивості звичайного полімеру. Тому покращення технології виробництва полімеру в процесі змішування є вкрай актуальним.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [1].

Конструкцію дискового екструдера наведено на рисунку 8.1.

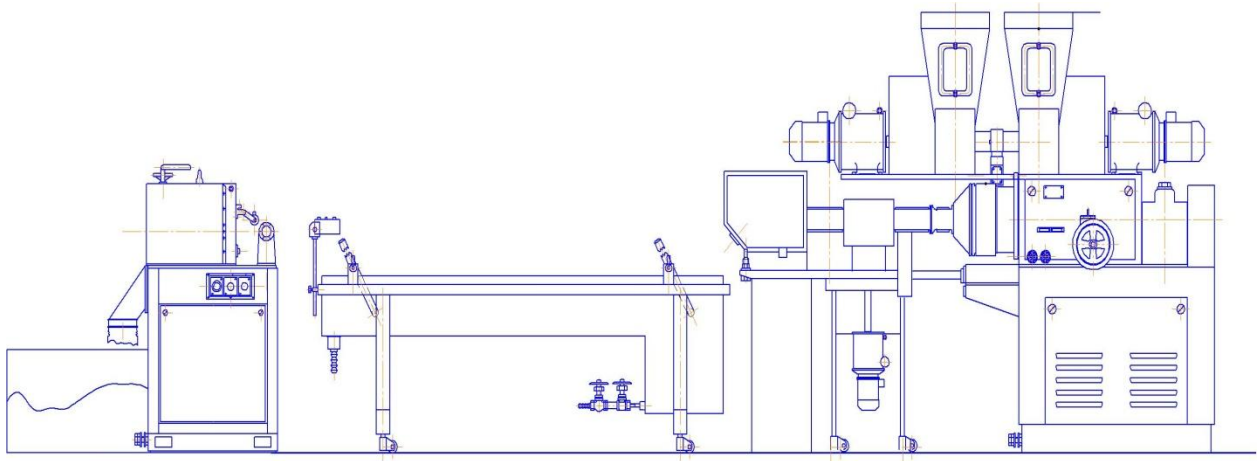


Рисунок 8.1 – Лінія виробництва полімерних гранул.

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Змішувальні елементи виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Цей робочий елемент витримує значні навантаження та знос. Для цього їх азотують та піддають гартуванню. Отримують із циліндричних сталевих заготовок круглого перетину.

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?

Дані технології існують. В розробці/доробці їх немає необхідності.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Так, дані технології доступні.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це треба зробити – є можливим.

Таблиця 8.2 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Інтенсифікація процесу змішування легуючої добавки з полімером з метою підвищення продуктивності установки	Змішування буде проводитися в каскадному дисково-шестеренному екструдері в кілька етапів і забезпечить інтенсивний процес змішування	На даний момент відомо багато конструкцій змішувальних елементів, однак процес змішування можна зробити ефективнішим.	Література для вивчення процесу екструзії представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
Підвищення ресурсо-енергоефективності установки	Вдосконалення процесу виготовлення, встановлення вагових дозаторів	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено декількома основними виробниками хімічного обладнання
Оптимізація та автоматизація процесу виробництва	Модернізація лінії термопарою, статичним змішувачем і датчиками тиску	Наявні, проводиться модернізація	Є доступними для купівлі, впровадження в виробничий процес

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.3). Виробництво полімерної продукції в Україні станом на 2019 рік зросло на 3,3% (р/р), внаслідок збільшення попиту з боку суміжних галузей (харчова, будівництва (зростання у серпні (р/р) будівництва інженерних споруд – на 30,5%)) [2].

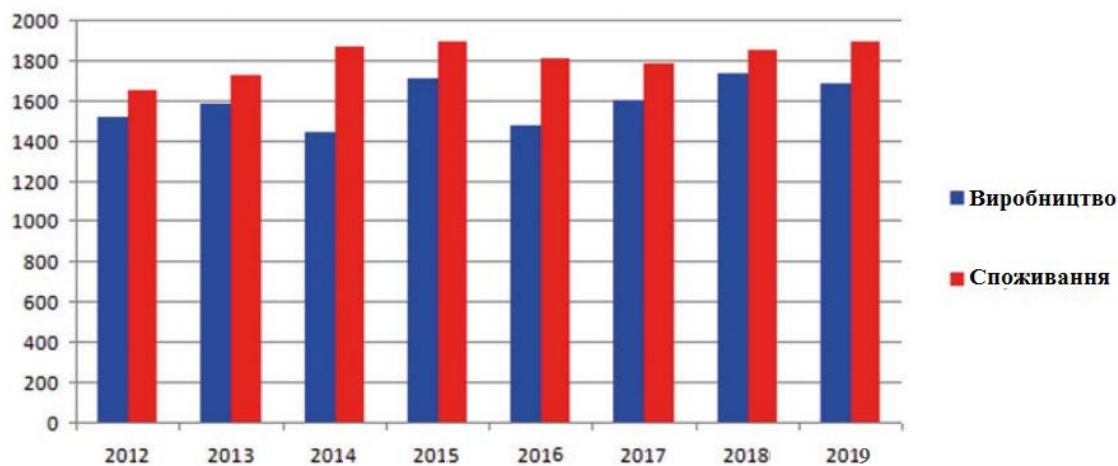
В Україні працюють наступні виробники полімерів: (Хімтон, Укрхімформация, Акво, Хімпром, Експохім). Крім того, є невеликі підприємства – виробники і заводи, які мають виробничі потужності, але через нестачу сировини не функціонують. [3].

В таблиці 8.3 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	5
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	2000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO для продукції, а саме вимоги до токсичності тощо.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	78

Динаміка ринку виробництва поліетилену за останні роки:



Полімери: основні показники за 2012-2019 (тис. т в рік)

Зараз наш ринок на світовому рівні знаходиться на етапі стабільності. в Україні на рівні зростання, так як в період кризи 2014 року багато заводів по виробництву поліетилену зупиняли виробництво, а в 2019 виробництва відновили свою роботу і зараз набирають нових обертів.

На основі сьогоденної динаміки ринку можна спрогнозувати, що виробництво поліетилену буде стабільно триматись на ринку, так як поліетилен - матеріал з якого можна зробити різнопланову продукцію і використовується вона в харчова, хімічна, легкій та ін. промисловості. А також вироби з поліетилену є незамінними в побуті.

Після впровадження в життя мого стартап-проекту ринок вийде на новий рівень виробництва поліетиленової продукції, набере нових зростаючих обертів.

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням. Однак проблеми виникають з забезпеченням власних полімерів, які є сировиною для подальшої переробки. Тому частина сировини імпортується в Україну.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.4).

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в полімерах зростає, потреба в підвищенні ефективності виробництва	Компанії по виготовленні посуду, композитів, іграшок тощо.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	<ul style="list-style-type: none"> - до продукції: якісна структура полімеру та відповідність всім нормативам, щодо токсичності; - до компанії-постачальника: швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 5.5, 5.6). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальна ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико–правові, соціо–культурні, економічні, науково–технічні і демографічного середовища.

Фактори загроз вносимо до таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правовий: «Закон України про підприємницьку діяльність» .	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю чи продаж полімерної сировини, або використання електрики в необхідній кількості для виробництва. Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Відповідність вимогам законодавства України, Росії, Польщі, Німеччини, Чехії та інших країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту, в разі заборони покупки товару.
Військові дії на сході України. Торговельні відносини України з країнами ЄС, Китаю та інших країн.	Ембарго та заборони на торгівлю, митні збори при ввезенні імпортової продукції.	Виготовлення власної продукції в межах України і орієнтація її реалізації лише на вітчизняного споживача.
Економічний: Криза в Україні, Росії, Польщі чи в країнах ЄС з, якими співпрацюємо	Впливає на зміну обставин купівлі/продажу полімерного зв'язуючого і легуючої добавки, а саме на зростання цін на сировину.	Підвищення ціни на готові полімерні гранули у відповідності із цінами на сировину.
Соціо-культурний: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів впроваджувати інноваційні рішення.	Пояснення споживачам, що пропоновані послуги зможуть підвищити ефективність виробництва
Науково-технічний : застарілість конструкції екструзійного обладнання	Впливає на зниження конкурентоспроможності полімеру з імпортними виробниками.	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній сфері діяльності. Інноваційна діяльність.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 5.7.

Таблиця 8.6 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні: застарілість конструкції екструзійного обладнання	Створення нової технології вироб- ництва полімеру	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елемен- тів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Соціально- культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання спожи- вачів купувати нове обладнання спону- кає до розширення бази деталей для вдосконалення ста- рого обладнання.	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модер- нізацію їх виробництва за допомо- гою наших послуг

Таблиця 8.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості кон- курентного сере- довища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підп- приємства (можливі дії ком- панії, щоб бути конкурен- тоспроможною)
1. Тип конкурен- ції: олігополія	Невелика кількість конку- руючих фірм, при цьому хо- ча б одна або дві з них, ви- робляють значну долю про- дукції даної галузі	Пропозиція унікального продукту на ринку, який дозволить знизити високий бар'єр входу на ринок
2. За рівнем кон- курентної боро- тьби: Національна кон- куренція на ринку	Забезпечення конкурентос- проможності на світовому ринку	Пропозиція продукту з урахуванням вимог до нас- лідків його реалізації міс- цевих громад

Продовження таблиці 8.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

3. За галузевою ознакою: Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція за співпрацю з вигідними для нас поставниками легуючих добавок та полімерного зв'язуючого, більш вигідні умови виробництва і конкуренція за вигіднішого споживача	Покращення технології виробництва з метою економії сировини
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Зосередження конкурентоспроможності на покращенні технічних характеристик готових полімерних гранул	Постійний моніторинг ринку щодо появи кращих легуючих добавок і якіснішої сировини, що вплине в подальшому на якість готових гранул
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Технічні переваги, впровадження нововведень, найефективніші методи збуту товару	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару, наданні додаткових послуг та збільшення асортименту
6. За інтенсивністю: не марочна	Репутація проекту	Створення високого рівня ділової репутації, що сприятиме впізнаваності стартапу

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 5.8.

М. Портер вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції.

- конкурент, що є вже в галузі;
- потенційні конкуренти;
- наявність товарів замінників;
- постачальники, що конкурують за ринкову владу;
- споживачі.

Таблиця 8.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Підприємства що займаються виробництвом полімерів: ТОВ «Хімпром», «Аксво» тощо.	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Напрям по добутті сировини, (бажано купувати сировину в українських виробників наприклад «Карпатнафтохім» та ін.)	- не конкурентоспроможне обладнання; - високі ціни на товари; - не якісні послуги; - без інноваційне.	Інші матеріали (метали, дерево та інші композиційні матеріали)
Висновки:	На даний момент більшість конкурентів не створює нових технологій та модернізації обладнання для їх перероби.	- Вхід на ринок можливий, внаслідок того, що промисловість потребує велику кількість гліцерину. - нових конкурентів не знайдено.	Час, ціна та якість сировини для переробки і поставки комплексних та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно спроможне інноваційне обладнання за низькою ціною	На даний момент полімери є найпоширенішими матеріалами тому замінники полімерів в більшості галузей промисловості відсутні.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток технології змішування, шляхом модернізації та створення нового обладнання для їх переробки.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.8, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.5, 8.6) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість отриманих гранул полімеру для виробництва виробів різного при-

значення, а саме завдяки антифрикційним особливостям отриманої композиції, для виробництва виробів та деталей, що труться. Аналіз факторів конкурентоспроможності наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
Ціна матеріалу	Ціни на полімерні гранули і легуючі добавки дуже високі, що пов'язане із тим, що матеріали всі імпортного походження, важливим фактором з точки зору споживача є зниження ціни на матеріал.
Якість структури полімеру	Полімер в поєднанні із легуючими добавками не однорідного змішування не служить повний термін, не стійкий до дії сонячних променів і не має, тих технічних характеристик, як полімерні гранули добре вимішані. Тому якість структури полімеру є важливим показником для споживача.
Асортимент продукції	Полімерні зв'язуючі в залежності від поєднання з різними легуючими добавками дають широкий асортимент продукції, кожен представник якого має свої властивості. Тому в залежності від бажань споживача стосовно характеристик, важливим є забезпечення широти асортименту.
Рівень концентрації сировинної бази	Сировинна база зосереджена за кордоном, а доставка займає певний час, тому важливим фактором для споживача є сировинна база в Україні.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.10 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Ціна матеріалу	5			◇	△	□		
Якість структури полімеру	10		◇	□		△		
Асортимент продукції	5	△	□				◇	
Рівень концентрації сировинної бази	0			△	□, ◇			

Сильні сторони проекту: якість структури полімеру; низька ціна матеріалу; широкий асортимент продукції, що виготовляється;

Слабкі сторони проекту: недостатня кількість сировинної бази в Україні та необхідність купівлі імпортової сировини.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> 1. новизна проекту; 2. актуальність стартап-проекту полягає в збільшенні конкурентоспроможності споживачів підприємств хімічної промисловості; 3. низька вартість впровадження проекту; 4. інноваційна діяльність; 5. робота за вільним графіком працівників та креативність нашої роботи. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. складність виходу на ринок; 2. низьке забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими компонентами композиції ; 3. складність знаходження організації, яка виконає модернізацію технологічної лінії отримання гранул полімеру; 4. низька дохідність проекту.
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення нової технології виробництва полімеру; 2. Розширення бази деталей для вдосконалення старого обладнання 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостатня підтримка державою нових підприємств. 2. Ембарго та заборони на торгівлю, митні збори при ввезенні імпортової продукції. 3. Зростання цін на сировину. 4. Небажання споживачів впроваджувати інноваційні рішення. 5. Зниження конкурентоспроможності полімеру з імпортними виробниками.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Використання полімеру для виробництва товарів для машинобудівної промисловості	На даний момент недостатньо висока, внаслідок малої кількості клієнтів	1,5 року
Виробництво полімеру для легкої промисловості	Достатньо висока	8 місяців
Приладобудування та обслуговування техніки (полімер для даної галузі)	Достатня	1 рік

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виробництво нових композиційних матеріалів для легкої промисловості.

На даний момент легка промисловість отримує найбільшу кількість інвестицій з закордону та України, тому розробка альтернативного проекту в даній галузі є актуальним. Запропонований варіант змішування в технології виробництва гліцерину здатне вирішити дану проблему. Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.13). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [1].

Таблиця 8.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Будівельні компанії	Споживач готовий сприйняти продукт, оскільки в даних галузях давно є необхідність в інноваційних конструкційних матеріалах	Попит високий, оскільки полімерні гранули - матеріал в даних галузях незамінна база для композитів.	Низька	Середні бар'єри входу на ринок
Хімічна промисловість	Висока готовність споживача, так як є необхідність в якісних матеріалах власного виробництва	Попит високий, так як полімерні гранули - матеріал переважно імпортований, тому є необхідність в продукті створеному в Україні.	Середня	Високі бар'єри входу на ринок

Продовження таблиці 8.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Приладобудівна промисловість	Висока готовність споживача є необхідність в ресурсо-енергоефективному обладнанні	Високий попит, так як прилади будуть максимально автоматизовані і зможуть конкурувати з закордонними	Низька	Високі бар'єри входу на ринок

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо сільськогосподарської, приладобудування та будівельна промисловості і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.14.

Таблиця 8.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Виробництво полімеру для в легкій промисловості	Концентрований маркетинг	Наслідкування дій лідера, захисні дії	Диференціації

Продовження таблиці 5.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Полімерні композиції для приладобудування	Диференційований маркетинг	Захисні дії, наслідування лідера	Лідерства по витратах

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.18).

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирали існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Наслідування лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.14) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.15). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект.

Таблиця 8.16 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. до продукції: якість структури полімеру, склад та однорідність розподілення компонентів, наявність дефектів, 2. до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість, доступність	Інтегративного зростання(поєднання з інвесторами та клієнтами	Буде утворено унікальну продукцію Нова конструкція змішувального елементу, інтенсифікація процесу вищя енергоефективність процесу виробництва гранул композиції.	Виробництво асортименту, для кожного клієнта У клієнтів має сформуватися асоціація, що ця технологія підвищуватиме ефективність їх виробництва і дозволить їм надалі економити

Основною особливістю пропонованого проекту є підвищення ефективності процесу змішування шляхом модернізації лопаті.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 20 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Нові конструктивні матеріали.	Нові експлуатаційні властивості отриманих композицій	Якість структури полімеру, ціна, підтримання потрібних характеристик
Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності та підвищення якості продукту	Інноваційна конструкція змішувального елемента
Зниження енергозатрат на виробництво (проведення процесу змішування).	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція та спосіб змішування

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.18). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [1].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічність – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.18.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Таблиця 8.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Інноваційне обладнання для виготовлення полімерних гранул, яке в порівнянні з конкурентами дозволяє за рахунок автоматизації процесів і додаткових вагових дозаторів зекономити ресурси (сировину, енергію) при сталій продуктивності установки.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Технічні: полімер в упаковці від виробника з перевіреними характеристиками; 3. Економічності: зниження затрат на ремонт, зменшення бракованих виробів та зменшення простоїв виробництва; 4. Ергономічність: доступ до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність нормативам; 6. Екологічність: вміст шкідливих домішок нижче допустимих.	+/+	-/+ /+/-/-
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування— в поліетиленових мішках з логотипом підприємства.		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : Роз’яснення клієнтові питань з технологією переробки		
	Після продажу: Гарантія якості продукції		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв’язку проблеми.			

Полімер є неоднорідною сумішшю декількох нерозчинних один в одному компонентів, тому важливими техніко-економічними параметрами є характеристики призначення (технічні), для забезпечення заданих експлуатаційних властивостей матеріалу. Матеріал повинен бути добре змішуваний, в його структурі

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

не повинно бути розшарувань, порожнин та включень інших речовин, які не передбачені в рецептурі. Також матеріал повинен відповідати вимогам по екологічності та токсичності.

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару. Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 5.19). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.19 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
400-800 грн/1 упаковка	500-800 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	200-800 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.
Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 80 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 120 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 200 -6000 грн/1 год (для всього колективу)	200 грн/1год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 7.4):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);

- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.20 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати поставальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Закупівля оптом	Якість товару, потрібні характеристики, швидкість перевезення до клієнта	Нульового рівня - виробник сам продає товар кінцевому споживачеві, прямі канали розподілу	Через інтернет
В роздріб	Швидкість перевезення на точку збуту	Дворівневий - між виробником і покупцем послідовно існують оптовий і роздрібний продавці	Через інтернет та безпосередньо на місці проведення продажу
Консультавання при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.21).

Таблиця 8.21 – Концепція маркетингових комунікацій

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідях на всі питання, що турбують.	«!!!Якісні матеріали для Вас»
Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Рушійна сила інновацій»
Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Обирайте найкращі пропозиції»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6. Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

Полімер отримує нові механічні властивості, що робить ці матеріали затребуваними в багатьох галузях промисловості. Ринок полімеру в Україні є перспективним в розвитку. Маркетингові дослідження обраного сегменту ринку оцінки рівня, динаміки конкуренції в базових та споріднених галузях та обґрунтовані фактори конкуренції формують особливості даного ринку. Особливостями даного ринку є конкурентоспроможність продукції на якості та відповідності до екологічних та технологічних нормативів.

Спроможність стартап проекту дозволяє стверджувати про перспективи створення та розвитку стартапу.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської на тему: "Розробка екструдера для модернізації лінії виробництва полімерних гранул" було модернізовано каскадний дисково-шестеренний екструдер шляхом встановлення гребінчастої термопари, з метою контролю температурної неоднорідності розплаву.

Описано технологічний процес виробництва полімерних гранул, обраний каскадний дисково-шестеренний екструдер, обрані технічні характеристики цього пристрою, обґрунтовані вибрані конструкції апаратів, зіставлені основні показники розроблених конструкцій з порівняльними; проведено патентне дослідження, розроблено заходи щодо вимогам охорони праці, проведені розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність пристроїв, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методів розрахунку, рекомендацій по установці і робота, стандартизація та уніфікація розроблених пристроїв оцінюються, розробляється проект запуску, технологічний процес виготовлення частини апарату (корпус сальника) і схема автоматичного управління технологічним процесом виробництва полімерних гранул хіба рнути.

Графічна частина проекту містить вісім малюнків в перерахунку формату А1, технічні характеристики складені за кресленнями. Наукова частина дисертації містить результати досліджень процесу виробництва полімерних гранул, котрає тече в екструдері. Основні залежності, використовувані в конструкції екструдера, встановлені.

В результаті роботи було отримано декларативний патент України на корисну модель екструдера, три тези були опубліковані на міжнародних конференціях і наукова стаття.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе магистерской на тему: "Разработка экструдера для модернизации линии производства полимерных гранул" был модернизирован каскадный дисково-шестеренный экструдер путем установления гребенчатой термопары, с целью контроля температурной неоднородности расплава.

Описан технологический процесс производства полимерных гранул, выбран каскадный дисково-шестеренный экструдер, выбраны технические характеристики этого устройства, обоснованы выбранные конструкции аппаратов, сопоставлены основные показатели разработанных конструкций со сравнительными; проведено патентное исследование, разработаны мероприятия по требованиям охраны труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность устройств, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методов расчета, рекомендаций по установке и работа, стандартизация и унификация разработанных устройств оцениваются, разрабатывается проект запуска, технологический процесс изготовления части аппарата (корпус сальника) и схема автоматического управления технологическим процессом производства полимерных гранул развернуты.

Графическая часть проекта содержит восемь рисунков в пересчете формата А1, технические характеристики составлены по чертежам. Научная часть диссертации содержит результаты исследований процесса производства полимерных гранул, которой течет в экструдере. Основные зависимости, используемые в конструкции экструдера, установлены.

В результате работы был получен декларативный патент Украины на полезную модель экструдера, три тезисы были опубликованы на международных конференциях и научная статья.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the Master's thesis on the educational-professional master's program on the topic: "Development of an extruder for the modernization of the production line of polymer granules" cascade disk-gear extruder was modernized by installing a comb thermocouple to control the temperature heterogeneity of the melt.

The technological process for the production of polymer granules is described, a cascade disk-gear extruder is selected, the technical characteristics of this device are selected, the selected device designs are justified, the main indicators of the developed structures are compared with comparative ones; patent research was carried out, measures were taken to meet labor protection requirements, calculations were made confirming the operability and reliability of devices, some calculations were performed in the form of programs with description of calculation methods, installation recommendations and work, standardization and unification of the developed devices are evaluated, a launch project, a technological process are developed of manufacturing a part of the apparatus (stuffing box) and the scheme of automatic control of the technological process for the production of polymer granules torn.

The graphic part of the project contains eight figures in terms of A1 format, technical specifications are drawn up according to the drawings. The scientific part of the dissertation contains the results of studies of the production process of polymer granules, which flows in an extruder. The main dependencies used in the design of the extruder are installed.

As a result of the work, a declarative patent of Ukraine for a useful extruder model was obtained, three abstracts were published at international conferences and a scientific article.

					ЛН81МП.703551.001ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Радченко Л. Б. Переробка термопластів методом екструзії: Наук. посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 220 с.
2. ГОСТ 16337. Поліетилен. Технічні умови.
3. Патент №105955 (UA), МПК6 В29С 47/00, В29С 47/52 (2017.01). Дисковий екструдер/ Н.Г Воробей, М. П. Швед, Д. М. Швед; (UA)– Заявка u201509989, 13.10.2015; Опубл. 11.04.2016
4. Патент №115908 (UA), МПК6 В30В 11/22, В29С 47/00 (2017.01). Каскадний дисково-шестеренний екструдер / О.В Кеба, М. П. Швед, Д. М. Швед; (UA)– Заявка u201613028, 20.12.2016; Опубл. 25.04.2017
5. Патент №137963(UA), МПК (2019.01) В30В 11/22 (2006.01). Каскадний дисково-шестеренний екструдер / А.М. Ковба, М.П. Швед, Д.М. Швед; (UA). – Заявка №201904913, 08.05.2019; Опубл. 11.11.2019, Бюл. №21
6. Патент №116922 С2 (UA), МПК В29С 47/36, В29В 7/80, В01F 15/02, 15/06, F28D 3/02, F28F 5/06 (2006/01). Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм / В.О.Потапов, Д.В.Білий; Харківський державний університет харчування і торгівлі (UA). – Заявка а2016 05933, 11.12.2017; Опубл. 25.05.2018.
7. Патент №120680 (UA), МПК6 В29С47/36 (2006.01). Дисковий екструдер для переробки полімерних матеріалів / В.І. Сівецький, І.В. Коваленко, І.І. Івіцький, М. В. Зарудний, Д.Г. Швачко; (UA)– Заявка u201705696, 09.06.2017; Опубл. 10.11.20017.
8. Патент 133061 (UA), МПК6 В29С 48/25(2019.01). Екструдер/ Д.О. Мілько; О.Г. Скляр, Є.М. Ратніков Таврійський державний агротехнологічний університет (UA). – Заявка u 2018 09624, 25.09.2018; Опубл. 25.03.2019.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

9. Патент №125674 (UA), В29С 47/88 (2006.01). Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів / Я.Г. Гоцький, Я.Г. Двойнос.– Заявка u 2017 09630 02.10.2017; Опубл. 25.05.2018
- 10.Патент №120674 (UA), МПК6 В29В 7/32 (2006.01). Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів / В.І. Сівецький, Д.Е. Сідоров, І.І. Івіцький, М. П. Турбал, О.Л. Сокольський; (UA)– Заявка u201705681, 09.06.2017; Опубл. 10.11.2017.
- 11.Патент №115908 (UA), МПК6 В30В 11/22, В29С 47/00 (2017.01). Каскадний дисково-шестеренний екструдер / О.В Кеба, М. П. Швед, Д. М. Швед; (UA)– Заявка u201613028, 20.12.2016; Опубл. 25.04.2017.
- 13.Патент №108582723 (CN)– Заявка 201810227825.5, 20.03.2018; Опубл. 28.09.2018
- 14.Патент №208452260 (CN)– Заявка 201821072434.2, 07.08.2018; Опубл. 01.02.2019.
- 15.Патент №208452260 (CN)– Заявка 201821072434.2, 07.08.2018; Опубл. 01.02.2019.
- 16.Патент №208812508 (CN)– Заявка 201821263633.1, 07.08.2018; Опубл. 03.05.2019.
- 17.Рябчук І.Н. Труба кличе: ринок полімерних труб. [Електронний ресурс] / Рябчук І.Н. // Специализированное информационно-аналитическое издание PolyPlastic. Выпуск №15, 2006. 102 стр. - Режим доступу: <http://polyplastic.ua/ua/news/news-103.html>
- 18.Оборудование для производства ПЭ труб: [Електронний ресурс]. М., 2014 – 2015. URL: <http://www.evropolymer-trading.ru/>.
- 19.Швед Д.М. Черв'ячно–шестеренний екструдер при переробці полімерних матеріалів / М.П. Швед, Д.А. Степанюк, Д.М. Швед // Міжнародний науковий журнал «Science Rise» – 2015. – №3/2 (8) – С.31–34.ISSN 2313–6286. \

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

- 20.Швед Д.М. Процес екструзії полімерів на каскадному дисково-шестеренному екструдері// Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Київ, 2017
- 21.Техника переработки пластмасс / под ред. Н. И. Басова, В. М. Броя. – М.: Химия, 1985. – 528 с.
- 22.Кавецкий Г. Д. Оборудование для производства пластмасс. М.: Химия, 1986. – 224 с.
- 23.Богданов В. В. Смешение полимеров. М.: Химия, 1982. – 108 с.
24. Басов Н. И., Казанков Ю. Ю., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М.: Химия, 1986. – 486 с.
25. Радченко Л. Б. Переробка термопластів методом екструзії: Наук. посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 220 с.
26. Техника переработки пластмасс / под ред. Н. И. Басова, В. М. Броя. – М.: Химия, 1985. – 528 с.
27. Радченко Л. Б. Моделювання неізотермічних процесів переробки термопластів методом екструзії. // Хімічна промисловість України . - №4, 1999. – с. 40-44.
28. Басов Н. И., Казанков Ю. Ю., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М.: Химия, 1986. – 486 с.
29. Сталь Х18Н10Т
30. Киркач Н. Ф, Баласанян Р.А. Расчет деталей машин: Учебн. Пособие – Х.: Основа, 1991. – 276 с.
31. ГОСТ 10748-82. Шпоночный паз.
32. Киркач Н. Ф, Баласанян Р.А. Расчет деталей машин: Учебн. Пособие – Х.: Основа, 1991. – 153 с.
33. ГОСТ 12.1.030-91
- 34.ГОСТ 12.1.030
- 35.ДСН 3.36.037. Шум на виробництвах.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

36. ДСН 3.36.037-99. Вібрація.
37. ГОСТ 12.4.002-74 Захист рук від вібрації.
38. ДСН 3.3.6.042-99. Хімічний склад повітря.
39. ГОСТ 12.1.005-86. Категорія вибухонебезпечності.
40. НАПБ Б.07.005.-86 Категорія вибухонебезпечності
41. СНиП 2.01.02-85 Стійкість споруди.
42. ГОСТ 27331-87 Горіння.
43. ДБН В.2.5.-13-98 Пожежна безпека.
44. СНиП 2.09.02-85 Виходи.
45. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / Укладачі А. Е. Розенплентер, Т. В. Панішева, С. В. Лисенко – К.: НТУУ «КПІ», 2005. – 32 с.
46. Обладнання для одержання і формування полімерних композиційних матеріалів / Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок, Г. Л. Рябцев, М. В. Сезонов // Хім. промисловість України. – 2001, №6. – с. 55-61.
47. Радченко Л. Б. Переробка термопластів методом екструзії: Наук. посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 220 с.
48. Остапчук Ю. Г., Язловицький М. Л., Бернацький В. В. Дискові екструдери. Х., Техніка, 1972 – 132 с.
49. Жидецький В. Ц., Джигрей В. С. Практикум із охорони праці. Навч. посібн. / За ред. В. Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
50. Киркач Н. Ф, Баласанян Р.А. Расчет деталей машин: Учебн. Пособие – Х.: Основа, 1991. – 276 с.
51. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
52. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски на машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк. 117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

53. Методические рекомендации к практическим занятиям и индивидуальной работе по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей химического машиностроения / Сост. С. С. Добрянский. – К.: КПИ, 1991. – 91 с.
54. Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория резания» для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и слушателей ФПК. Расчет режимов резания при сверлении / Сост. В. В. Коваленко. – К.: КПИ, 1985. – 60 с.
55. Справочник технолога. Обработка металлов резанием. / Под ред. А. Г. Монахова. – М.: Машиностроение, 1974. – 598 с.
56. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины. Справочное пособие. / Под ред. Б. Д. Кошарской М.: Машиностроение, 1977. – 486 с.
57. Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонюк. – К.: НМК ВО, 1992. 104 с

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технологія виготовлення корпусу сальника

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЛН81МП.703551.001ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.1 Призначення, умови роботи деталі у вузлі апарату

Корпус є деталлю дискового екструдера. Корпус сприймає зусилля навантаження. Деталь працює в складних умовах і є відповідальною, важконавантаженою і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

Аналіз конструкції деталі на технологічність передбачає взаємопов'язане рішення конструкторських та технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці та якості виробу, максимальне зниження витрат часу на розробку, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт.

Матеріал деталі — Сталь 30 Г, забезпечує надійну експлуатацію виробу, характеризується достатньою текучістю та малою схильністю до утворення усадкових відхилень при виливанні. Конструкція деталі дозволяє отримати виливок з застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності процесу виготовлення корпусу.

Сталь 30 Г добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Деталь складається з простих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Аналіз конструкції деталі дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція деталі забезпечує вільний доступ робочого та вимірювального інструмента до оброблюваних поверхонь;
- конструкція має високу жорсткість та допускає високі режими різання;
- особливу увагу викликає обробка отворів.

В цілому деталь технологічна.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи.

Матеріал деталі має ливарні властивості, тому заготовку отримуємо литтям. Для виготовлення заготовки вибираємо лиття в піщану форму, щоб уникнути можливості утворення відбіленого шару на поверхні заготовки.

Ливарну форму зробити з двох половинок. Рознімання - по твірній заготовки.

Повітря і гази виводяться з форми і рідкого металу через пори, а під час твердіння і охолодження металу гази зі стрижнів виводяться через щілинні канали, що розташовані по роз'єму форми.

Щоб запобігти виникненню внутрішніх напружень і відбілюванню, виливок після виготовлення піддається відпалу.

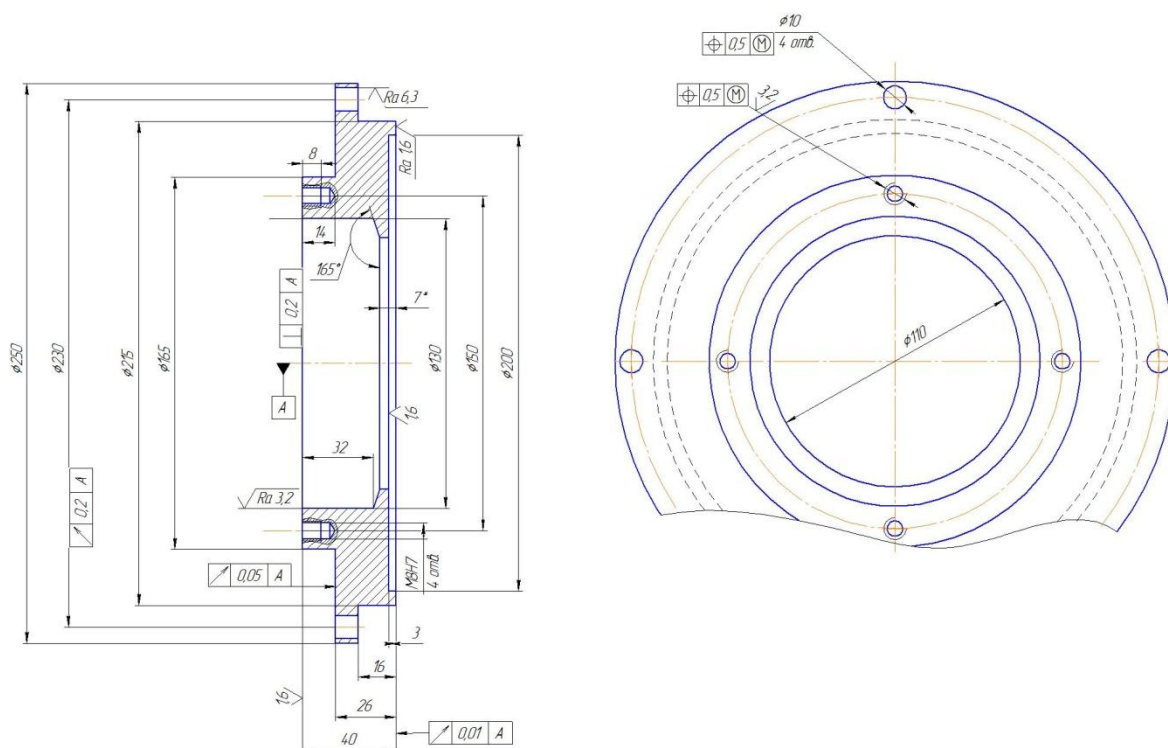


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки корпусу

А.4 Розробка операційного технологічного процесу виготовлення деталі

лі

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

А.4.1 Визначення припусків на механічну обробку

А.4. 1.1 Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку отвору Ø130Н9

1 перехід – чорнове розточування Н17, Ra 12,5

2 перехід - чорнове розточування Н12, Ra 6,3

3 перехід – чистове розточування Н9, Ra 3,2

Мінімальний припуск визначаємо згідно формули, мкм:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot [(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \xi_i^2}].$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$\begin{aligned} 2Z_{2\min} &= 2 \cdot \left(R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \xi_2^2} \right) = \\ &= 2 \cdot \left(150 + 150 + \sqrt{70^2 + 350^2} \right) = 400 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

де величини R_{Z1} - шорсткість та h – товщину дефектного шару назначаємо згідно таблиць. Для штампованої заготовки $R_{Z2}=150$ мкм, $h_1=150$ мкм.

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2} = \sqrt{35,5^2 + 100^2 + 13,5^2} = 70 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{кор}}=35,5$ мкм – короблення поверхні отвору заготовки;

$\Delta_{\text{екс}}=100$ мкм – відхилення від концентричності отвору;

$\Delta_{\text{п}}=13,5$ мкм – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot e)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot D)^2} = \Delta_{\text{к}} \cdot \sqrt{l^2 + D^2} = 1,4 \cdot \sqrt{120^2 + 156^2} = 276 \text{ мкм},$$

де $l=120$ мм – довжина отвору згідно з кресленням;

$D=130$ мм – діаметр отвору згідно з кресленням;

$\Delta_{\text{к}}=1,4$ мкм/мм – питома кривизна.

$$\Delta_{\text{п}} = \Delta_{\text{н}} \cdot L = 0,7 \cdot 120 = 109,2 \text{ мкм}.$$

де $\Delta_{\text{н}}=0,7$ мкм/мм – питоме відхилення.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		123

Похибка закріплення заготовки для чорнового точіння в трьохкулачковому патроні з базуванням на поверхні штампівки:

$$\xi_2=500 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$\begin{aligned} 2Z_{3\min} &= 2 \cdot \left(R_{Z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \xi_3^2} \right) = \\ &= 2 \cdot \left(37 + 100 + \sqrt{61,182^2 + 250^2} \right) = 400 \text{ мкм,} \end{aligned}$$

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_2 = k_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,06 \cdot 1070 = 61,182 \text{ мкм,}$$

де $k_{y2}=0,06$ – поправочний коефіцієнт.

Розміри отвору після чистового точіння:

$$d_{P\min} = d_n + EI = 130 + 0 = 130 \text{ мм,}$$

$$d_{P\max} = d_n + ES = 130 + 0,1 = 130,1 \text{ мм,}$$

Похибка закріплення для чистового точіння $-\xi_3=250$.

Розрахунковий розмір для чорнового точіння:

$$D_{P2\max} = D_{P3\max} - 2Z_{3\min} = 130,0 - 0,25 = 129,75 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{P1\max} = D_{P2\max} - 2Z_{2\min} = 129,35 - 3,6 = 125,75 \text{ мм.}$$

Допуск на обробку заготовки:

Для деталі: $TD_3=0,1 \text{ мм}=100 \text{ мкм (H9)}$.

Для чорнового точіння: $TD_2=0,4 \text{ мм}=400 \text{ мкм (H12)}$.

Заготовки: $TD_1=0,4 \text{ мм}=400 \text{ мкм}$.

Розрахунковий мінімальний розмір визначаємо різницею максимального розрахункового розміру та величини допуску:

$$D_{P1\min} = D_{P1\max} - TD_1 = 125,75 - 0,4 = 125,35 \text{ мм,}$$

$$D_{P2\min} = D_{P2\max} - TD_2 = 129,75 - 0,4 = 129,35 \text{ мм,}$$

Максимальний гарантований розмір:

$$D_{1\max} = D_{1\min} + TD_1 = 125,35 + 0,4 = 129,75 \text{ мм,}$$

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		124

$$D_{2\max} = D_{2\min} + TD_2 = 129,35 + 0,4 = 129,75 \text{ мм},$$

Мінімальне та максимальне значення припусків:

$$2Z_{2\max} = D_{2\min} - D_{1\min} = 129,35 - 125,35 = 4000 \text{ мкм},$$

$$2Z_{2\min} = D_{2\max} - D_{1\max} = 129,75 - 125,75 = 4000 \text{ мкм},$$

$$2Z_{3\max} = D_{3\min} - D_{2\min} = 130 - 129,35 = 650 \text{ мкм},$$

$$2Z_{3\min} = D_{3\max} - D_{2\max} = 130,1 - 129,75 = 350 \text{ мкм},$$

Номинальний розмір заготовки:

$$D_{H1} = D_{1\min} - EI = 125,35 - 0 = 125,35 \text{ мм},$$

$$2Z_{OH} = D_{HO} - D_{H1} = 130 - 125,35 = 4,65 \text{ мм},$$

Схема розташування розрахованих припусків та допусків представлена на рисунку А.2.

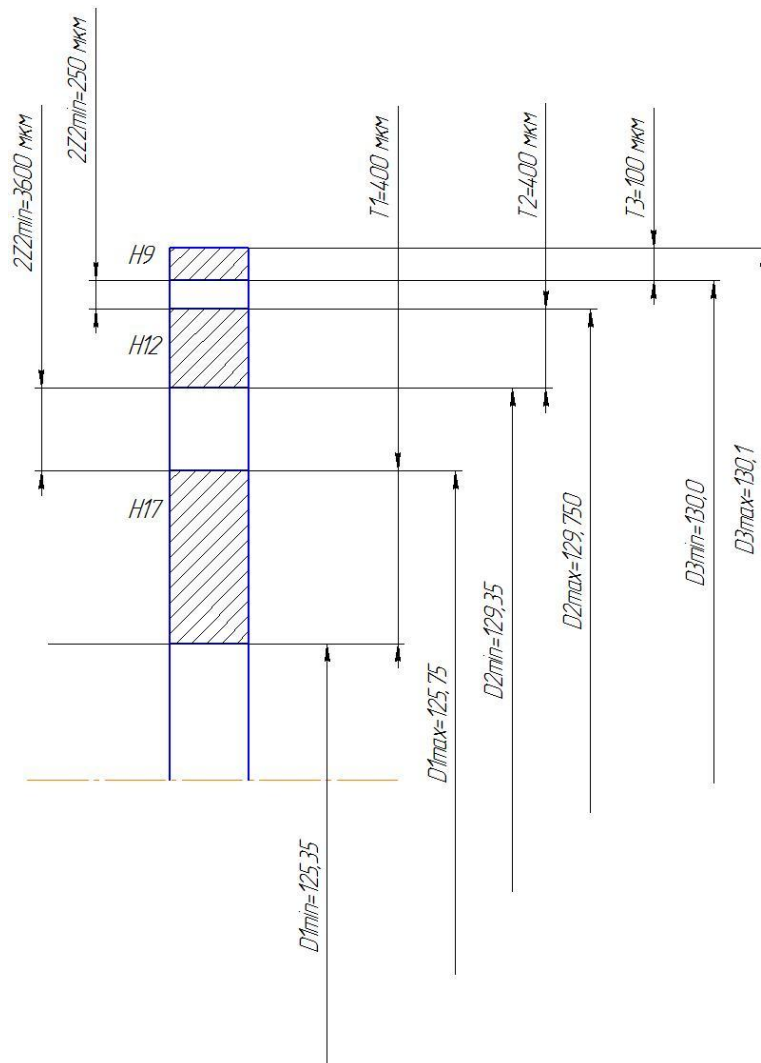


Рисунок А.2-Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору Ø 130H9

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

Перевірка:

$$TD_1 - TD_3 = 400 - 100 = \sum 2 \cdot Z_{\max} - \sum 2 \cdot Z_{\min} = 4650 - 4350 = 300 \text{ мкм}$$

Визначення припусків та граничних відхилень виконано вірно.

А.4.1.2 Визначення припусків аналоговим методом

Припуски та допуски на розміри виливка визначаємо за ГОСТ 26645-85.

Остаточно прийняті значення припусків на механічну обробку та відхилення розмірів виливка заносимо до таблиці А.1.

Таблиця А.1 - Визначення розмірів заготовки з допуском

Оброблювана поверхня	Відхилення розмірів, мм	Припуск на розмір, мм	Розмір заго- товки з допуском, мм
Ø 130	+0,1	0	Ø 130 (±0,1)
Лінійні розміри			
33	±0,57	7,0	40 (±0,57)

Керуючись даними таблицею А.1, рекомендаціями ГОСТ 3.1125-88, ГОСТ3212-92, призначаємо формувальні уклони і радіуси заокруглень.

А.4.2 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 10

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною в [13].

Вихідні дані:

Оброблюваний матеріал – Сталь 30 Г.

Устаткування – радіально-свердильний верстат 2М58-1.

Інструмент – свердло Ø10 ГОСТ 12510-71 мм.

Форма заточки свердла – Н (нормальна).

Глибина різання при свердлінні:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

$$t = \frac{D}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм.}$$

З рекомендованого діапазону подач обираємо $S_0 = 1,2$ мм/об. Призначаємо період стійкості свердла $T = 67$ хв [13].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента, визначається за формулою[13]:

$$V = \frac{C_V D^{q_V}}{T^M t^{X_V} S^{Y_V}} k_v = \frac{14,7 \cdot 10^{0,4}}{67^{0,12} \cdot 90^{0,3} \cdot 0,55} 0,986 = 14,13 \text{ м/хв, (А.4)}$$

де C_V - коефіцієнт [13],

q_V, X_V, Y_V, M - показники степеня для даних умов [13],

k_v – коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента, якість заготовки та стан поверхні.

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускається стійкістю свердла:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 14,13}{3,14 \cdot 10} = 450 \text{ об/хв.}$$

На верстаті обираємо найменшу частоту обертання $n_\phi = 200$ об/хв.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 200}{1000} = 6,28 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент та осьову силу визначаємо за формулами:

$$M = 10 C_m D^{q_m} S^{Y_m} k_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 1,2^{0,8} \cdot 0,68 = 27,144 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки [13];

C_m, q_m, Y_m – показники степеня для даних умов [13].

$$P_0 = 10 C_p D^{q_p} S^{Y_p} k_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 1,2^{0,7} \cdot 0,68 = 5253,45 \text{ Н},$$

де C_p, q_p, Y_p - показники степеня для даних умов [13]

Потужність різання:

$$N = \frac{M n_\phi}{9750} = \frac{27,144 \cdot 450}{9750} = 1,253 \text{ кВт},$$

що менше потужності на шпинделі верстата ($N_{\text{пр}} = 3,7$ кВт).

Остаточню для свердління отворів Ø10 мм приймаємо:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		127

$t = 5 \text{ мм}; S_0 = 1,2 \text{ мм/об}; n_{\phi} = 450 \text{ об/хв}; V_{\phi} = 6,28 \text{ м/хв}; N = 1,253 \text{ кВт}.$

А.4.3 Розрахунок норми часу на свердління отворів Ø10

Методика розрахунку викладена в [13].

Основний час:

$$T_o = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{124 + 10 + 0}{54} = 2,463 \text{ хв},$$

де $l = 124 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = 10 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 0$ – довжина перебігу інструмента.

Норму допоміжного часу T_d , що витрачається на дії верстатника, які забезпечують безпосереднє виконання основної технологічної роботи, визначаємо за [13] та заносимо до таблиці А.2.

Таблиця А.2 – Норми допоміжного часу

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу, хв
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,2
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,4
Всього		0,69

Час на обслуговування робочого місця складає 5% від оперативного часу $T_{\text{оп}}$.

$$T_{\text{обс}} = 0,05(T_o + T_d) = 0,05T_{\text{оп}}.$$

Для одного отвору:

$$T_{\text{оп}} = (T_o + T_d) = 2,463 + 0,69 = 3,153 \text{ хв}.$$

Для чотирьох отворів:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

$$T'_{\text{оп}} = 3,153 \cdot 12 = 37,863 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{обс}} = 0,05 \cdot 37,863 = 1,892 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{ш}} = T'_{\text{оп}} + T_{\text{обс}} = 37,863 + 1,892 = 39,727 \text{ хв.}$$

А.5 Опис конструкції та розрахунок кондуктора

Для свердління отворів Ø10 мм у корпусі підшипника технологічним процесом передбачений кондуктор.

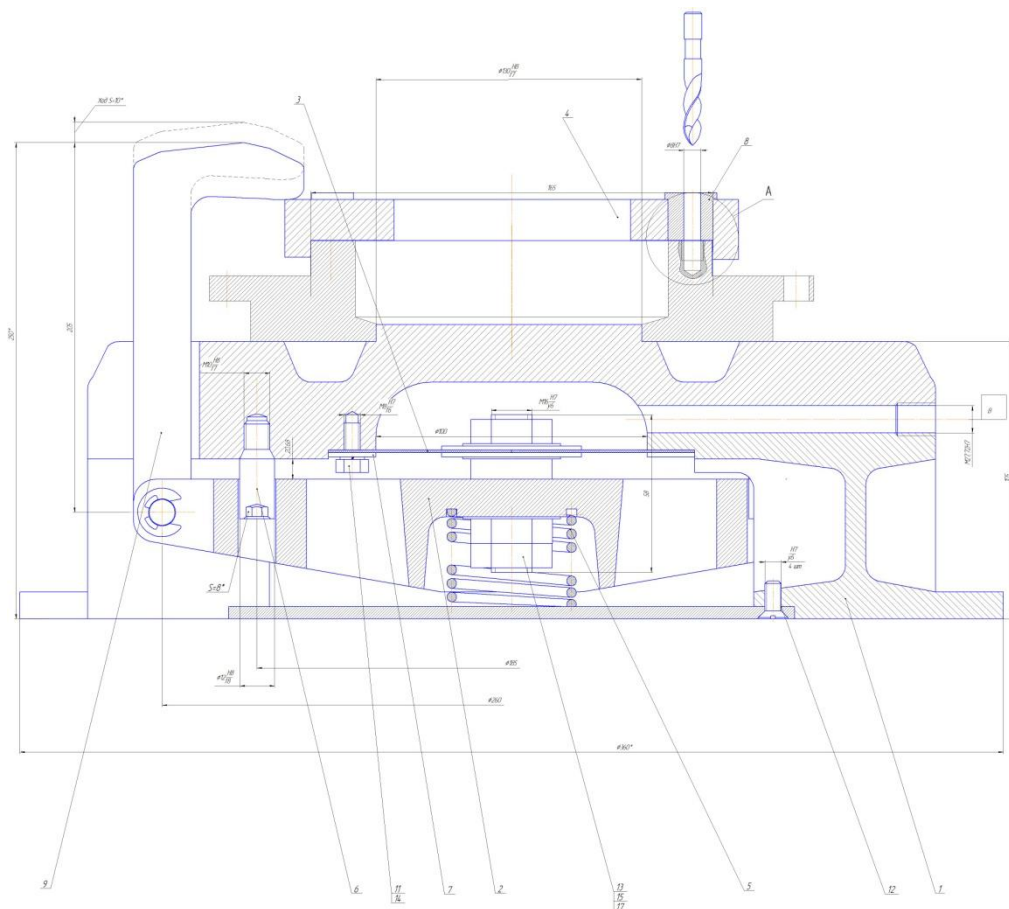


Рисунок А.3 – Кондуктор для свердління отворів Ø10

Виникаюча сила різання створює момент, що прагне повернути заготовку навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя, створюваний силою затиску Q і осьовою силою P_0 .

Умова рівноваги:

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		129

$$(Q + P_o)fr = \frac{2M_{кр}}{d} kR$$

Звідси зусилля затиску буде:

$$Q = \frac{2M_{кр}kR}{dfr} - P_o = \frac{2 \cdot 29,432 \cdot 1,5 \cdot 0,62}{0,018 \cdot 0,3 \cdot 1,31} - 3583 = 4156 \text{ Н},$$

де k — коефіцієнт запасу [13];

$M_{кр}$ — крутний момент, створюваний свердлом, Н·м,

R — відстань від осі свердла до осі деталі, м;

P_o — осьова сила, Н;

d — діаметр свердла, м;

f — коефіцієнт тертя [13];

r — загальна довжина поверхні тертя, м.

Зусилля різання (P') при свердлінні отворів Ø10 мм;

$$P' = 10C_p d^Z S^{Y_p} K_{M_p} = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,75 = 3952 \text{ Н},$$

де K_{M_p} , C_p , Z , Y_p — коефіцієнти.

Висновки:

1. Розкрито призначення, умови роботи корпусу підшипника у вузлі картоноробної машини.
2. Проведено технологічний аналіз виготовлення деталі корпусу підшипника.
3. Вибрано і обґрунтовано вибор заготовки.
4. Розроблено операційний технологічний процес виготовлення деталі.
5. Описано конструкцію та здійснено розрахунки кондуктора.

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		130

Додаток В
Документація до патентного дослідження

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Г

**Блок-схема, таблиця ідентифікаторів, опис алгоритму та програма
розрахунку дискового екструдера**

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Д

Блок-схема, таблиця ідентифікаторів, опис алгоритму та програма розрахунку процесу охолодження стренги

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Е
Блок-схема, таблиця ідентифікаторів, опис та програма розрахунку
формулюючої головки

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						134
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Ж
Патенти використані в патентному дослідженні

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 3
Публікації автора

					ЛН81мп.703551.001ПЗ	Арк.
						136
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		